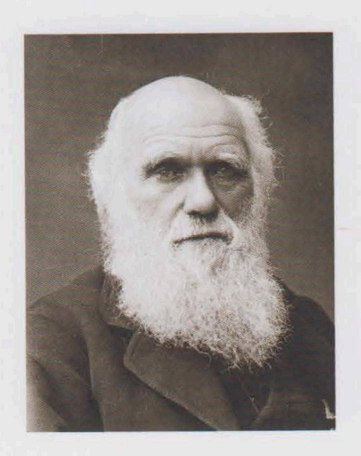


داروين والتطور

بمنظار العلماء المؤيدين والمعارضين

دعاس ناصيف





داروين والتطور

في منظار العلماء المؤيدين والمعارضين

دعاس ناصيف

داروين والتطور
في منظار العلماء
المؤيّدين والمعارضين

دار الفارابي

الكتاب: داروين والتطور في منظار العلماء المؤيّدين والمعارضين

المؤلف: دعاس ناصيف

الغلاف: فارس غصوب

الناشر: دار الفارابي - بيروت - لبنان

ت: ٣٠١٤٦١(٠١) - فاكس: ٣٠٧٧٧٥(٠١)

ص.ب: ٣١٨١/ ١١ - الرمز البريدي: ٢١٣٠ ١١٠٧

www.dar-alfarabi.com

e-mail: info@dar-alfarabi.com



الطبعة الأولى: أيلول ٢٠١٥

ISBN: 978-614-432-405-9

© جميع الحقوق محفوظة

تباع النسخة إلكترونياً عبر موقع الدار.

إن الآراء الواردة في هذا الكتاب لا تعبّر بالضرورة عن رأي الدار.

المحتويات

مدخل

أقدم هذا الكتاب نظراً إلى النقص الكبير في مثل هذا النوع من المواضيع في المكتبة العربية. ولا أبغي من ذلك دعماً لمؤيد أو لمعارض لما يرد في هذا الكتاب، فالعلم يبحث عن الحقيقة ويعمل على نشرها حلوة كانت أو مرة. وإنني أعرض ما يقوله البيولوجيون في هذا الصدد اعتماداً على الدراسات المعمقة والتجارب الدقيقة والاكتشافات المذهلة في كل من علم المستحاثات (علم الأحافير Paleontology) والميكروبيولوجيا (Microbiology) وعلم الوراثة الجزيئي (Molecular genetics) وحقول علمية أخرى.

ما أؤكده هو أن النظريات العلمية ليست أفكاراً عقائدية يعتنقها الفرد ويتمسك بها ويحارب من أجلها.

إنها آراء نشأت نتيجة التأمل والبحث والتجريب، خاضعة للمناقشة والنقض عند ظهور نتائج أدق ولو كانت معاكسة. النقض لا يتم بالقدح والذم والاتهامات المسيئة بل بعرض تجارب مقنعة ومعترف بها لدى العلماء، وعلينا جميعاً قبولها شاكرين لأنها أنارت لنا الطريق نحو الحقيقة.

وسترى ذلك جليّاً في سياق مواضيع الكتاب، حيث يسود الجدل الهادئ والرصين بين المؤيدين والمعارضين لفكرة التطور. وإن حرية الفكر حق مقدس محترم لدى كل أمة تريد التقدم والارتقاء.

يقع الكتاب في أربعة أقسام هي:

1 – القسم الأول: المقدمة وتتضمن تاريخ الفكر التطوري.

2 – القسم الثاني: قصة حياة داروين وأعماله.

3 – القسم الثالث: أدلة التطور ونظريات التطور الحديثة.

4 – القسم الرابع: نشوء الحياة وتاريخ تطورها.

وينتهي الكتاب بذكر بعض الاعتراضات الهامة التي يتسلح بها المعارضون لنظرية التطور والرد عليها من المؤيدين.

* قد يشكو القارئ، وهو على حق، من طول المقدمة، ولكنني أردت أن أعطي فكرة عامة عن تاريخ الفكر التطوري للمواطن العربي، البعيد على الأغلب عن هذا الفكر لأسباب واضحة، ولأعرّفه إلى كثير من المصطلحات والتعابير العلمية المتعلقة بموضوع كهذا. وبدون ذلك سيجد صعوبة كبيرة في فهم ما سيلقاه من الشروح. وإن جرى بعض التكرار في حالات معينة فألتمس المعذرة وأرجو ألا أكون قد أخطأت الهدف.

* القسم الثاني يتعلق بحياة داروين وأعماله وهو سرد تفصيلي عن حياته منذ الطفولة حتى مفارقته الحياة، وعن أعماله والرحلات التي قام بها وتأثيرها في مجرى تفكيره وصوغ نظريته. وهي تعطي القارئ عبرة عن طريقة التفكير العلمي والأسلوب الذي يتبعه العالم

في ابتكار النظريات الجديدة، وكم في ذلك من متاعب ومشقات وصعوبات تعترض الطريق.

* القسم الثالث يتعلق بالأدلة والبراهين والنظريات عن كيفية حدوث التطور، علماً بأن الكثير منها عُرض في القسم الثاني، ولكن تم التشديد هنا على الحديث منها مع حدوث بعض التكرار الذي لا بد منه. وقد اعتمدت هنا على مصادر حديثة للغاية.

* القسم الرابع يتعلق بنشوء الحياة وتاريخ تطورها على الأرض بشكل تفصيلي قدر الإمكان. تم فيه عرض لسائر مراحل تطور الحياة ابتداء بتشكل الجزيئات العضوية الأولى منذ مليارات السنين مروراً بتشكل الكواسيرفات فالخلايا لدى طلائعيات النوى وحقيقيات النوى اللافقارية ثم الفقرية الأسماك فالبرمائيات فالزواحف فالطيور فاللبونات ونهاية بالإنسان.

ولا أنكر أن محاولتي هذه يكتنفها الكثير من الصعوبة وما أتمناه على الجميع إبداء الرأي حولها مؤيدين كانوا أو معارضين والنقد البناء خير من المديح والثناء، وذلك من أجل إنارة الأفكار الغامضة وترميم الثغرات الموجودة.

القسم الأول

تاريخ الفكر التطوري

للفكر التطوري (مفهوم تغير الأنواع عبر الزمن) جذور موغلة في القدم، في أفكار اليونانيين القدماء والرومانيين والصينيين وفي العلوم الإسلامية من العصور الوسطى. ومع بداية علم التصنيف البيولوجي في أواخر القرن السابع عشر تأثرت أفكار البيولوجيين الغربيين بالأصولية (essentialism) التي ترى لكل نوع خصائص ومزايا أصلية لا يمكن تغييرها، وهي مفهوم منبثق من الأرسطوية الغيبية شاع في القرون الوسطى ويتطابق تماماً مع علم اللاهوت الطبيعي. وحالما قدمت حركة التنوير الفلسفية، علم الكونيات المتطور وانتشرت الفلسفة الميكانيكية من العلوم الفيزيائية إلى التاريخ الطبيعي، بدأ علماء الطبيعة التركيز على قابلية تغير الأنواع. كما أن كشف علم الأحافير (Paleontology) عن مفهوم انقراض الأنواع، قوّض الرؤية الثابتة للطبيعة. وفي مطلع القرن التاسع عشر قدم العالم لامارك نظريته في تحول الأنواع، وهي أول نظرية في التطور كاملة الصياغة. وفي عام 1958 نشر تشارلز داروين وألفرد والس نظرية جديدة في التطور

شُرحت بالتفصيل في كتاب أصل الأنواع (Origin of species) لداروين عام 1859.

أدى الجدل حول عمل داروين إلى قبول سريع للمفهوم العام للتطور، ولكن الآلية النوعية للاصطفاء الطبيعي التي اقترحها لم تُقبل على نطاق واسع، إلى أن تم إنعاشها بعد التطور البيولوجي الذي حدث بين العشرينيات والأربعينيات من القرن العشرين. وقبل ذلك الوقت كان الكثير من البيولوجيين يعتقد بوجود عوامل أخرى مسؤولة عن التطور، مثل وراثة الصفات المكتسبة (Inheritance of acquired characteristics) (اللاماركية الحديثة)، ودوافع داخلية للتغير والطفرات الضخمة الفجائية. وإن الجمع بين الاصطفاء الطبيعي والمندلية في العشرينيات والثلاثينيات من القرن الماضي أسس المبدأ الجديد لعلم وراثة الجماعات الذي تكامل مع حقول بيولوجية أخرى لإنتاج نظرية في التطور مقبولة على نطاق واسع وهي النظرية التركيبية الحديثة. (The modern evolutionary synthesis).

تلا تأسيس البيولوجيا التطورية دراسات للطفرات والتغايرات في الجماعات الطبيعية؛ وإن إشراكها مع علم الجغرافيا الحيوية وعلم المنهجية قاد إلى نماذج رياضية وسببية من التطور معقدة. كما أن علم الأحافير والتشريح المقارن (Comparative anatomy) وعلوماً أخرى سمحت ببناء تاريخ للحياة أكثر تفصيلاً. وبعد نهوض علم الوراثة الجزيئي (Molecular genetics) في الخمسينيات من القرن الماضي

تشكل حقل التطور الجزيئي المبني على تتالي الحموض الأمينية في البروتينات والاختبارات المناعية وأخيراً، دراسات RNA وDNA.

إن النظرة المركزية إلى المورثة (Gene) في عملية التطور التي برزت في الستينيات مع النظرية المحايدة للتطور الجزيئي أثارت نقاشات حول فكرة التكيفية (Adaptationism) وإحداث الاصطفاء والأهمية النسبية للانحراف الوراثي (Genetic drift) مقابل الاصطفاء الطبيعي (Natural selection). وفي نهاية القرن العشرين قاد نظام التتالي في (DNA) التصنيف الجزيئي للسلالات إلى تنظيم شجرة الحياة من جديد. إضافة إلى أن المعرفة الجديدة لعوامل التكاثر التكافلي (Symbiogenesis) والنقل الأفقي للمورثات (Horizontal gene transfer) أضافا كثيراً من التعقيد إلى النظرية التطورية. كما أن الاكتشافات في البيولوجيا التطورية أدت إلى صدمة واضحة، ليس على صعيد فروع البيولوجيا التقليدية فقط، وإنما في مبادئ أكاديمية أخرى أيضاً (مثل علم الإنسان وعلم النفس) وفي المجتمع عموماً.

سنستعرض هذه المراحل بإيجاز للإلمام بتاريخ حدوثها وتطورها والتعرف إلى كثير من المصطلحات والتعابير التي سترد في هذا الكتاب.

الفصل الأول: العصور القديمة

1 – اليونانيون

عُرفت الافتراضات بأن نمطاً من الحيوانات يمكن أن ينشأ من أنماط حيوانية أخرى، منذ زمن قديم يعود إلى الفلاسفة الذين سبقوا سقراط.

أنكسيماندر (546 – 610 ق.م)

اقترح بأن الحيوانات عاشت في الماء أثناء الطور الرطب من ماضي الأرض وأن أسلاف الإنسان الأوائل الذين قطنوا اليابسة يجب أن يكونوا قد ولدوا في الماء وقضوا جزءاً من حياتهم فقط على اليابسة. وأشار إلى أن الشكل الأول من الإنسان المعروف حالياً هو سليل نمط مختلف من الحيوانات لأن الإنسان يحتاج إلى فترة طويلة من الرضاعة.

أبيدوكلس (430 – 490 ق.م)

زعم أن ما ندعوه الولادة والموت في الحيوانات هو عبارة عن مزج العناصر وفصلها لتشكيل عدد لا حصر له من «قبائل الأشياء الهالكة».

* ثمة فلاسفة آخرون اعتقدوا أن أنواع جميع الأشياء وليس أنواع الأحياء فقط، هي ناتج تصميم إلهي.

أفلاطون (348 – 428 ق.م)

كان الخصم الأعظم لفكرة التطور. عزّز الاعتقاد بمبدأ الأصولية

الذي كان يعرف باسم «نظرية الأشكال» التي ترى أن كل نمط طبيعي من الأجسام الملاحظة في العالم هو مظهر غير تام للشكل المثالي «للنوع» الذي يحدد هذا النمط. فإذا أخذنا نوع الأرنب مثلاً، نجد أن هنالك ملايين الأرانب ولكل منها شكل معين وكل هذه الأشكال مظاهر غير تامة لأرنب «مثالي» يحدد النوع لا نراه أمامنا. إن الخالق أوجد جميع الأشكال المحتملة للحياة وبدونها يكون الكون غير تام. الفكرة بأن جميع الأشكال الممكنة للحياة هي أساسية (أصولية) لخليقة تامة، أثرت كثيراً في الفكر المسيحي، لكن العديد من الفلاسفة بعد أفلاطون اعتقد بأن الأنواع خاضعة للتحول والتغير. وإن فكرة ثبات الأنواع الحية وأنها تتمتع بصفات أساسية غير متبدلة، لم تصبح هامة حتى بداية علم التصنيف الحياتي في القرنين السابع عشر والثامن عشر.

أرسطو (322 – 384 ق.م)

أكثر الفلاسفة اليونانيين تأثيراً في أوروبا خلال العصور الوسطى. كان تلميذاً لأفلاطون وأول مؤرخ طبيعي حافظ عمله على وجوده بالتفاصيل الحقيقية. كانت كتاباته البيولوجية نتيجة أبحاثه في التاريخ الطبيعي في جزيرة لسبوس وما حولها، وهي عبارة عن أربعة كتب هي في جوهر الحياة وتاريخ الحيوانات والتكاثر وعلم التشريح. تحتوي أعمال أرسطو على بعض الملاحظات الذكية والشروح الهامة. ومن أهم ما أنجزه، إظهار العلاقة بين الأجسام الحية كسلم طبيعي يصنّف المتعضيات في علاقة تسلسلية «سلم الحياة»، مرتباً إياها بحسب تعقد

البنية والوظيفة، بحيث تقع المتعضيات الأكثر تعقيداً وحيوية في أعلى السلم وأقلّها في أسفله، وهذا يظهر بحسب اعتقاده، أنها صممت على هذه الصورة من أجل هدف محدد، رافضاً فكرة أمبيدوكلس بأن المخلوقات الحية نشأت عن طريق الصدفة.

زينون الرواقي (262 – 334 ق.م)

مؤسس المدرسة الفلسفية الرواقية، وهو من أصل سوري فينيقي. ولد في صور من لبنان القديم، انتقلت عائلته إلى قبرص واستقرت هناك. ذهب إلى أثينا ليعلّم شبّانها حكمته الجديدة التي عرفت بالفلسفة الرواقية لأنه كان يعلمها في رواق. والرواق كان عبارة عن ممر مسقوف ومحاط بصفين من الأعمدة. رفض زينون لقب المواطن الأثيني وأصر على لقبه الفينيقي واحترم الأثينيون إرادته؛ وبعد موته كرّموه بقبر وتاج من ذهب.

اطلع زينون على مبادئ وتعاليم فلاسفة اليونان الأخلاقية وبيّن عيوبها ومحدوديتها، حيث اقتصرت على نطاق المدينة. أما فلسفته الأخلاقية الجديدة فتقوم على أساس جديد هو مبدأ العالمية من الناحية الأخلاقية (لا السياسية والاقتصادية).

في عقيدة زينون أن نزاعات البشر أساسها الانفعالات، فإذا كان الإنسان مدفوعاً بانفعال عنصري فهو يفرّق بين عنصره وبين السلالات الأخرى. وإذا كان محكوماً بانفعال قَبَلي، فهو معادٍ للقبائل الأخرى، وإذا كان مشحوناً بانفعال خصوصي فهو عدوٌّ للآخرين مطلقاً عليهم نيران فرديته وأنانيته. إن الحكيم هو القادر على كبح انفعالاته قبل

تصرّفه. وكل ذلك غير ممكن بدون الارتقاء بوجودنا إلى مستوى آخر من النظر إلى الأمور هو المستوى العقلي. فالعقل في الإنسان هو الحاكم الوحيد القادر على إلجام الانفعالات وهدايتها وتوجيهها في السبيل القويم.

من شرفة العقل نرى البشر أخوة، تماماً كما قال زينون: كل البشر أخوة.

إن فكرة الحب العالمي هي في صميم فلسفة زينون الأخلاقية الجديدة التي شكلت ثورة في تاريخ الفلسفة عموماً وفلسفة الأخلاق خصوصاً والتي وضعت الأخلاق على الأساس الذي بدونه لا تكون الأخلاق أخلاقاً ألا وهو مبدأ الكونيّة أو العالميّة.

بعد زينون تابع تلاميذه الكثر فلسفته وكان من أشهرهم الإمبراطور الروماني ماركوس أوريليوس الذي قال: «كل البشر أخوة، كل البشر مواطنون، حتى المجرم هو أخي». وفي رأيه أن الانفعالات ليس لها ثبات ولا يمكن اعتبارها قانوناً بأي شكل. الثابت الوحيد في الإنسان هو العقل.

إن الشهرة التي يتمتع بها التاريخ الروماني في ميدان الحضارة الإنسانيّة مردها إلى القانون الروماني المساوي بين البشر والذي كان جوهره في فلسفة زينون كما ذكرنا.

نورد هنا شهادة الفيلسوف الأميركي المعاصر آلان دوناغان الذي أكد حرفياً «أن الرواقيين وليس أرسطو ولا أفلاطون، كان لهم الفضل بوضع أول تعريف واضح ومعقول للأخلاق بالمبدأ العالمي».

وافق زينون أرسطو وفلاسفة آخرين بأن الطبيعة تبدي دليلاً واضحاً على تصميمها الهادف. وقد عرفت هذه الرؤية بالغائية. وهو يرى أن الكون وهو الإله، كيان عاقل مقدس، وتنتمي كل الأجزاء إلى الكل، وفي رؤيته هذه الموحدة إلى الوجود، ينظر إلى الطبيعة نظرة فنية تقدم قواعد ثابته للخلق.

2 – الرومانيون

تيتوس لوكريتوس كاروس (55 – 99 ق. م)

فيلسوف وعالم ذري. كتب قصيدة طبيعة الأشياء التي زودتنا بأفضل شرح لأفكار الفلاسفة اليونانيين الأبيقوريين، وهي تصف نشوء الكون والأرض والأجسام الحية والمجتمع البشري وفق آلية مادية صرف، دون الرجوع إلى تدخل أية قوى خارج الطبيعة. أثرت آراء تيتوس في تفكير الفلاسفة والعلماء المهتمين بشؤون الكون والتطور أثناء عصر النهضة وبعده. وكانت هذه الرؤية مناقضة تماماً لأفكار الفلاسفة الرومان من أتباع المدرسة الرواقية.

أوغسطين

في الخط نفسه الذي سار عليه اليونانيون الأوائل اعتقد الأسقف واللاهوتي أوغسطين في القرن الرابع الميلادي أن قصة الخليقة في سفر التكوين يجب ألا تقرأ حرفياً، ففي كتابه التفسير الحرفي لسفر التكوين صرح بأنه يمكن في بعض الحالات، لعدد من الخلائق أن تنشأ من «تحلل أشكال أولية للحياة. وبرأيه أن حياة النباتات والطيور والحيوانات

ليست كاملة، إنما تخلق في حالة «إمكانية» خلافاً لما هي عليه الملائكة وقبة السماء وروح الإنسان من أشكال الكمال. إن أفكار أوغسطين بأن أشكال الحياة تحولت «ببطء عبر الزمن»، دعت الأب جيوسيب تنزيلارنيتي، أستاذ علم اللاهوت في جامعة سانتاكرس البابوية في روما، إلى أن يعلن أن أوغسطين اقترح بذلك شكلاً من أشكال التطور.

الفصل الثاني: العصور الوسطى

1 - الفلسفة الإسلامية وتنازع البقاء

مع أن الأفكار التطورية اليونانية والرومانية تلاشت في أوروبا بعد انهيار الامبراطوارية الرومانية فهي لم تفقد لدى الفلاسفة والعلماء المسلمين، ففي العصر الذهبي الإسلامي من القرن الثامن إلى القرن الثالث عشر اكتشف الفلاسفة أفكاراً حول التاريخ الطبيعي تضمنت التحول من المادة اللاحية إلى المادة الحية، من الفلذات إلى النبات ومن النبات إلى الحيوان ومن الحيوان إلى الإنسان.

الجاحظ (776-869)

أول عالم بيولوجي وفيلسوف مُسلم نشر نقاشات مفصلة عن التاريخ الطبيعي هو الجاحظ في القرن التاسع. ففي «كتاب الحيوان» أقرّ بتأثيرات البيئة في حظ الحيوان بالبقاء، ووصف عملية التنازع من أجل البقاء. كما كتب أوصافاً للسلاسل الغذائية، وتكهن بتأثير البيئة في الحيوانات، واعتبر أن البيئة قد يكون لها دور في احتمال عيش الحيوان وبقائه.

ينص كتاب الحيوان على ما يأتي: «الحيوانات تنخرط في تنازع البقاء من أجل مصادر الغذاء ولتجنب افتراسها وللتناسل. والعوامل البيئية تدفع المتعضيات إلى تطوير خصائص جديدة لتأمين بقائها. وهكذا تتحول إلى نوع جديد. والحيوانات التي يكتب لها العيش تتناسل وتنقل خصائصها الناجحة إلى أنسالها؟».

كان لهذا الكتاب التأثير العظيم في الدارسين العرب من القرن الحادي عشر إلى الرابع عشر، كما أن ترجمته إلى اللاتينية جعلته معروفاً لدى تشارلز داروين ولينيوس وبوفون ولامارك.

أفليس من الظلم عدم اعتبار الجاحظ المؤسس الحقيقي لنظرية التطور لأنه كان المرشد لأفكار جميع العلماء التطوريين الذين تلوا عصره.

إخوان الصفا

وهم جماعة من الفلاسفة المسلمين في القرن التاسع الميلادي تحدثوا عن تشكل الكواكب وتخلّق الكائنات في رسائل دعيت « تحفة إخوان الصفا».

إن الإنسان عند إخوان الصفا هو أشرف الحيوانات، لأنه حيوان مميّز وناطق ومنتصب وهذا يجعل صورته أجل الأشكال وأكمل الصور. ويرى الإخوان أن عملية التطور مستمرّة. فالبداية كانت بظهور النبات الذي نشأ من عناصر الأرض، ثم ظهر الحيوان من النبات، وأخيراً كان الإنسان الذي نشأ من الحيوان. وهذا التطور لا يتوقف هنا وإنما هو تطور تصاعدي. فالإنسان يستمر في تطوره إلى أن يتخلص

من الشكل المادي ويصير روحاً، ولا يتم ذلك إلا بالموت. لهذا فرحلة الإنسان على وجه الأرض، هي رحلة البحث عن الخلاص، وهذا الخلاص لا يتم إلا بعد معرفة النفس المحبوسة داخل الجسد الأرضي وتحريرها من أسر الطبيعة.

ابن خلدون (1332-1406)

يرى بعض المعلقين أن أفكار ابن خلدون تتنبأ بالنظرية الحيوية في التطور. ففي عام 1377م كتب مقدمته، وفيها صرّح أن البشر تطوروا من «عالم القردة» بعملية أصبحت فيها الأنواع أكثر عدداً. كتب في الفصل الأول: «هذا العالم بكل ما فيه من أشياء مخلوقة يمتاز بنظام معين وبناء صلب، إنه يبدي علاقة بين الأسباب والنتائج وبين المخلوقات بعضها مع بعض وتحولات بعض الأشياء الموجودة إلى غيرها». ويقول أيضاً في الفصل السادس من مقدمته: «شرحنا هناك أن الوجود الكلي في (كل) عوالمه البسيطة والمركبة مرتب بنظام طبيعي من الأسلاف والأخلاف بحيث إن كل شيء يؤلف اتصالاً غير منقطع وإن الجوهر لكل نهاية مرحلة معينة من العوالم، مهيأ بطبيعته للتحول إلى جوهر المرحلة المجاورة، من الأعلى أو الأسفل، هذه هي الحال مع العناصر المادية البسيطة. إنها حال النخيل والكرمة مثلاً التي تؤلف المرحلة النهائية من النباتات من حيث علاقتها مع الحلزون والمحار التي تؤلف المرحلة الأدنى من الحيوانات وهي أيضاً الحال مع القردة - التي تجمع بحد ذاتها المهارة والإدراك - في علاقتها مع الإنسان، الكائن القادر على التفكير والقيام برد الفعل. إن الاستعداد

(للتحول) الموجود في أي جانب من كل مرحلة من العوالم هو المقصود عندما (نتكلم حول) صلتها».

ابن سينا (890–1037)

يقول في كتاب «الإشـارات والتنبيهات»... «وما يحدث في عالمنا، إنما ينتج بمعاضدة الأفلاك... وما يبقى في الأرض ووَجَد امتزاجاً، تحصل منه المعادن، وإن وجد امتزاجاً أكثر يحدث النبات، وإن وجد امتزاجاً أعلى يحصل منه الحيوان، وإن وجد امتزاجاً أحسن وأعدل يحدث منه الإنسان...» (كلمة امتزاج هنا مرادف لتفاعل كيميائي).

ابن مسكويه (932–1030)

يقول ابن مسكويه في كتابه «تهذيب الأخلاق وتطهير الأعراق»: إن الموجودات مراتب وكلها سلسلة متصلة وكل نوع من الموجودات يبدأ بالبساطة ثم لا يزال يترقى ويتعقد حتى يبلغ أفق النوع الذي يليه، فالنبات في أفق الجماد، ثم يترقى حتى يبلغ أعلى درجة، فإذا زاد عليها قبل صورة الحيوان. وكذلك الحيوان يبدأ بسيطاً ثم يترقى حتى يصل إلى مرتبة قريبة من الإنسان، وإن تجاوزها صار في أفق الإنسان

القزويني (1203–1283)

يذكر في كتابه «عجائب المخلوقات وغرائب الموجودات» أن أول مراتب هذه الكائنات تراب وآخرها نفس ملكية طاهرة، فالمعادن متصلة أولها بالتراب أو الماء وآخرها بالنبات، والنبات متصل أوله بالمعادن وآخره بالحيوان، والحيوان متصل أوله بالنبات وآخره

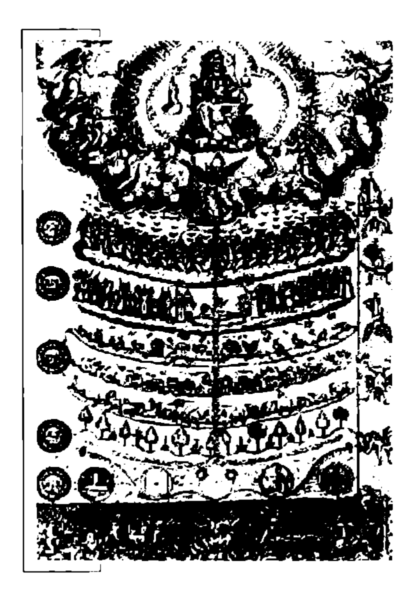
بالإنسان، والنفوس الإنسانية متصلة أولها بالحيوان وآخرها بالنفوس الفلكية.

نكتفي بهذا العدد من الفلاسفة المسلمين التطوريين فهم كثيرون ولا حاجة إلى المزيد.

2 – الفلسفة المسيحية والسلسلة العظمى للكون

في أوائل العصور الوسطى كانت التعاليم الكلاسيكية اليونانية كل شيء. ولكنها مفقودة في الغرب الأوروبي. وإن الاحتكاك مع العلم الإسلامي حيث حفظت المخطوطات اليونانية ووسعت، قاد إلى فيض هائل من الترجمات إلى اللغة اللاتينية في القرن الثاني عشر. لقد تمت إعادة اطلاع الأوروبيين على أعمال أفلاطون وأرسطو بالإضافة إلى الفكر الإسلامي.

المفكرون المسيحيون من المدرسة التعليمية وعلى الخصوص أبيلار وتوما الأكويني، جمعوا بين تصنيف أرسطو وأفكار أفلاطون بصلاح الإله وبكل أشكال الحياة الكامنة والموجودة في الخليقة الكاملة لتنظيم سائر الكائنات غير الحية والحية والروحية في جملة ضخمة متصلة فيما بينها سميت السلم الطبيعي أو السلسلة العظمى للكون، حيث وضع فيها كل شيء بترتيب معين من «الأدنى» إلى «الأعلى» مع وجود الجحيم في الأسفل والله في الأعلى. يلي الله إلى الأسفل سلالة الملائكة ويشار إليها بأفلاك الكواكب، الإنسان في موضع متوسط والديدان هي أدنى الحيوانات (الشكل 1).



الشكل(1)
السلسلة العظمى للكون
بحسب التراث المسيحي

ربما لأن الكون كان كلي الكمال، كانت السلسلة العظمى كاملة أيضاً، فلا يوجد أي رابط شاغر في السلسلة ولا رابط ممثل بأكثر من نوع واحـد، لذلك لا يمكن البتة لأي نوع أن ينتقل من موضع إلى آخر.

نجد في هذا الإصدار المسيحي للكون الكامل كما تصوره أفلاطون أن الأنواع لا يمكن البتة أن تتغير بل تبقى ثابتة إلى الأبد، وطبقاً لما ورد في نص سفر التكوين، ساد هذا المفهوم الأساسي للسلسلة العظمى للكون بين مفكري الحضارة الغربية عدة قرون، ولا يزال له بعض التأثير حتى اليوم.

توما الأكويني – الخلق والعمليات الطبيعية

في حين ساهم نشوء السلسلة العظمى للكون والجدل حول التصميم بين اللاهوتيين والمسيحيين، في الاعتقاد بأن العالم الطبيعي متلائم في سلسلة مصممة غير متبدلة، فإن بعض اللاهوتيين كانوا أكثر انفتاحاً نحو إمكانية نشوء العالم من خلال عمليات طبيعية. فتوما

الأكويني ذهب إلى أبعد مما فعله أوغسطين فرأى أن نصوص العهد القديم (التوراة مثل سفر التكوين)، لا يجب أن يفسر بطريقة حرفية تتناقض مع مفاهيم العلماء الطبيعيين وشعر أن الحكم الذاتي للطبيعة هو إشارة من صلاح الإله، وأنه لا يوجد صراع بين مفهوم خلق الكون بالصورة الدينية وفكرة تطوره عبر الزمن بآلية طبيعية، ولكنه خاصم الآراء المشابهة لأفكار الفلاسفة اليونانيين مثل أمبيدوكلس التي ترى أن مثل هذه العمليات الطبيعية يمكن أن تنشأ بدون هدف ضمني.

الفصل الثالث: النهضة وعصر التنوير
(Renaissance and enlightenment)

في النصف الأول من القرن السابع عشر، شجع الفيلسوف الميكانيكي رينيه ديكارت، استعمال الاستعارة المجازية بتشبيه الكون بالآلة، وهو مفهوم جاء ليخصص الثورة العلمية. وبين 1650 و1800، قدم بعض التطوريين مثل بينوا دي ميللي، نظريات ترى أن الكون والأرض والحياة كلها نشأت بصورة آلية دون قيادة غيبية. وعلى النقيض من ذلك رأت معظم النظريات آنئذ أن التطور عملية روحية بصورة أساسية.

في عام 1751 اتجه بيير موبيرتوي نحو أرضية أكثر مادية، حيث تكلم عن تعديل طبيعي يحدث أثناء التكاثر ويتراكم عبر مجرى عدة أجيال منتجاً السلالات حتى الأنواع الجديدة، وهذا وصف يتنبأ بصورة عامة بمفهوم الاصطفاء الطبيعي. كانت أفكار موبيرتوي معارضة لتأثير

التصنيفيين الأوائل مثل جون راي. ففي نهاية القرن السابع عشر قدم راي التعريف الرسمي للنوع الحياتي إذ وصفه بأنه يتميز بمظاهر أساسية غير متبدلة، وصرّح بأن نسل أي نوع لا يمكن أن يتحول إلى نوع آخر.

في نهاية القرن الثامن عشر اقترح الفيلسوف الفرنسي بوفون، وهو واحد من العلماء الطبيعيين القادة في ذلك الوقت، بأن أغلب ما يظنه الناس عدة أنواع، هو في الواقع تشكيلات متميزة لنوع واحد أصابها التعديل من شكل أصلي بعوامل بيئية. اعتقد مثلاً، أن الأسد والنمر والفهد والهر المنزلي قد يكون لها سلف مشترك. بل ذهب أبعد من ذلك فرأى أن المئتي نوع من اللبونات المعروفة آنئذ، ربما تكون منحدرة من عدد قليل يصل إلى 38 شكلاً حيوانياً أصلياً. كانت أفكار بوفون التطورية محدودة إذ اعتقد أن كلاً من الأشكال الأصلية نشأ بطريقة التولد الذاتي (Spontaneous generation) وكل منها اتخذ شكله بواسطة «قوالب داخلية» حددت مقدار التغير.

هنالك فلاسفة آخرون طرحوا أفكاراً مماثلة حول نشوء الأنواع مثل دنس ديديرو وجيمس برانت واللورد مونبيدو وأرسموس داروين، جد تشارلز داروين، الذي نشر كتابه عن الحيوانات عام 1796 واقترح أن جميع الحيوانات داخلية الإحرار (ذوات الدم الحار) انحدرت من سلالة حية واحدة. وفي قصيدته، معبد الطبيعة (عام 1802) وصف نشوء الحياة من متعضيات دقيقة تعيش في الوحل.

الفصل الرابع: أوائل القرن التاسع عشر

علم الأحافير وعلم الأرض (Paleontology and geology)

نشر جورج كوفييه عام 1796 نتائج أبحاثه حول الاختلافات بين الفيلة الحالية وتلك الموجودة في السجل الأحفوري ورأى أن الماموث والماستودون نوعان متميزان يختلفان عن أي حيوان حي. وفي عام 1788 وصف جيمس هتون عمليات جيولوجية تدريجية تعمل باستمرار عبر الزمن السحيق. وفي عام 1790 بدأ وليم سميث عملية ترتيب الطبقات الصخرية بتفحص الأحافير في الطبقات. وفي عام 1811 نشر كل من كوفييه وألكسندر بروينار، بصورة مستقلة، دراسة متوافرة للتاريخ الجيولوجي لمنطقة حول باريس مبنية على التتالي الطبقي لصخور الطبقات، وساعدت هذه الأعمال على تأسيس فكرة قدم الأرض، وقد دافع كوفييه عن فكرة الطوفانية ليفسّر نماذج الانقراض والتتابع الحيواني والمكتشف في السجل الأحفوري.

استمرت معرفة السجل الأحفوري بالتقدم السريع أثناء العقود الأولى القليلة من القرن التاسع عشر. وفي الأربعينيات من هذا القرن أصبح السلم الزمني الجيولوجي واضحاً. ففي عام 1841 سمى جون فيليب ثلاثة أحقاب هامة استناداً إلى الحيوانات المسيطرة في كل منها الحقب القديم الذي يتميز بسيطرة اللافقاريات والأسماك، والحقب المتوسط، عصر الزواحف، والعصر الحديث عصر اللبونات، وهذه الصورة المتقدمة لتاريخ الحياة أصبحت مقبولة حتى لدى

الجيولوجيين الإنكليز المحافظين مثل آدم سدويك ووليم بكلند، لكنهم مثل كوفييه، عزوا هذا التقدم إلى أحداث كارثية من الانقراض، يلي كلاً منها حدث خلقي جديد.

من عام 1830 إلى عام 1833 نشر تشارلز لييل كتابه المتعدد الأجزاء «مبادئ الجيولوجيا» مستنداً إلى أفكار هوتن، دافع فيه عن بديل لنظرية الكوارث الجيولوجية، فقد صرح بأن المظاهر الجيولوجية تفسر بشكل أفضل كنتيجة للقوى الجيولوجية التدريجية نفسها الملاحظة في الوقت الحالي، ولكنها تعمل على مدى فترة طويلة جداً من الزمن. ومع أن لييل عارض الأفكار التطورية، لكن مفهومه بأن الأرض اتخذت شكلها تحت تأثير قوى فعلت تدريجاً على مدى طويل من الزمن، بالإضافة إلى العمر الهائل للأرض وفق نظرياته، كان له الأثر القوي في مفكري المستقبل التطويريين مثل تشارلز داروين.

تحوّل الأنواع (Transformation of species)

اقترح لامارك في كتابه «فلسفة علم الحيوان» عام 1809 نظرية في تحول الأنواع، ولم يكن يعتقد بأن جميع الأجسام الحية تشترك في سلف واحد، بل إن الأشكال البسيطة للحياة كانت تتخلّق بالتولد الذاتي، وكان يعتقد بوجود قوة حيوية داخلية تدفع الأنواع إلى زيادة تعقيدها بمرور الزمن، متقدمة في سلم خطي من التعقيد مرتبط بسلسلة الكون العظمى، وأدرك لامارك أن الأنواع تتكيف مع بيئاتها، وفسر ذلك بأن القوة الداخلية نفسها تدفع إلى تعقيد متزايد مجبرة أعضاء

الحيوان أو النبات على التغير بناء على مبدأ الاستعمال والإهمال للأعضاء، فالعضو الذي يستعمل ينمو والذي يهمل يضمر، العضلات مثلاً تتأثر بالتمارين، إن زادت التمارين نمت وإن قلت ضعفت وضمرت. وكان لامارك يظن أن هذه التغيرات تصبح وراثية في الجيل التالي وتتسبب بتكيف بطيء مع البيئة. إن آلية التكيف هذه من خلال وراثة الصفات المكتسبة أصبحت معروفة باللاماركية وأثرت في النقاشات حول التطور خلال القرن العشرين.

كانت مدرسة بريطانية راديكالية للتشريح المقارن، من أعضائها العالم التشريحي روبرت غرانت، على تماس قريب من المدرسة التحولية الفرنسية اللاماركية، طوّر غرانت أفكار لامارك وأرسموس داروين عن التحول والتطورية، وبحث في موضوع التشابه الشكلي، حتى أنه اقترح وجـود نقطة بدء تطورية مشتركة بين النباتات والحيوانات.

انضم تشارلز داروين كطالب فتي إلى غرانت في البحث عن دورة الحياة للحيوانات البحرية.

في عام 1826 ظهرت مقالة مجهولة الهوية (يظن أن روبرت جيمس كتبها) رجا فيها لامارك أن يشرح كيف «تطورت» الحيوانات الراقية من الديدان البسيطة وكان هذا أول استعمال لكلمة التطور بالمعنى الحديث.

في عام 1844 طبع الناشر الأسكتلندي روبرت تشامرز كتاباً لمؤلف مجهول، عنوانه «آثار من التاريخ الطبيعي للخليقة». يحتوي

على سيناريو تطوري لأصل المجموعة الشمسية والحياة على الأرض، ويصرح بأن السجل الأحفوري يبدي ارتقاء متقدماً للحيوانات، بحيث إن الحيوانات الحالية عبارة عن فروع لسلالة رئيسة تقود قدماً نحو الإنسانية.

كانت الأفكار عن تحول الأنواع متوافقة مع الراديكالية المادية لعصر التنوير، ولكنها هوجمت من قبل المفكرين المحافظين، فقد هاجم كوفييه أفكار لامارك وجوفروا سانت هيلير، متفقاً مع أرسطو في أن النوع غير خاضع للتحول. واعتقد أن أجزاء الحيوان في ذاتها كانت مترابطة ومتلاصقة بعضها مع بعض بحيث يصعب على كل منها أن يتغير بمعزل عن الأجزاء الأخرى. ويرى أن السجل الأحفوري يظهر نماذج من الانقراض الكارثي متبوع بإعادة السكان، أكثر مما هو تغير تدريجي عبر الزمن. وقد لاحظ أيضاً أن رسوم الحيوانات ومومياءها في مصر التي تعود إلى آلاف السنين لا تبدي أية علامة من التغير عند مقارنتها بالحيوانات المعاصرة.

إن قوة حجج كوفييه وسمعته العلمية ساعدتا على بقاء الأفكار التحولية خارج التيار عقوداً من الزمن.

بقيت فلسفة اللاهوت الطبيعي هي المؤثرة في بريطانيا، فكتاب وليم بالي عام 1802 «عالم اللاهوت الطبيعي» - بتشبيهه الشهير لصانع الساعات كتب أقله في جزء منه، كرد فعل لأفكار أرسموس داروين التحولية.

تأثر الجيولوجيون بعلم اللاهوت الطبيعي مثل بكلند وسادويك

وهاجموا بشكل منظم الأفكار التطورية للامارك وغرانت. ومع أن الجيولوجي تشارلز ليل عارض الجيولوجيا اللاهوتية لكنه انتقد نظريات لامارك في التطور. أما المثاليون مثل لويس أرغاسيز وريتشارد أوون فقد اعتقدوا بثبات كل نوع وعدم تغيره لأنه يمثل نموذجاً كامناً لفكر إلهي.

في عام 1813 قرأ وليم تتشارلز ولز أمام الجمعية الملكية مقالة تفترض إمكانية تطور الإنسان وأشار فيها إلى مبدأ الاصطفاء الطبيعي، ولم يكترث تشارلز داروين والفرد والس لهذا العمل عندما نشرا نظريتهما، عام 1858، لكن داروين اعترف أخيراً أن ولز عرف المبدأ قبلهما. ومن الممكن النظر خلال تاريخ علم الحياة من اليونانيين الأوائل فصاعداً واكتشاف التنبؤات عن سائر الأفكار المفتاحية لداروين.

الاصطفاء الطبيعي (Natural selection)

إن النماذج البيوجغرافية التي لاحظها تشارلز داروين في أماكن متنوعة كجزر غالاباغوس أثناء رحلته على البيغل، جعلته يشك في مسألة ثبات الأنواع، وقد قادته هذه الملاحظات إلى اعتبار التحول عملية للتباعد والتشعب أكثر مما هو تقدم شبه سلمي بحسب لامارك وغيره. اطلع داروين عام 1838 على كتاب لثوماس مالتوس «مبادئ علم السكان» ذكر فيه أن التزايد الكبير في عدد السكان يؤدي إلى نقص الغذاء عند الحاجة المطلوبة، وبالتالي، إلى تنازع على البقاء.

فرأى داروين أن هذا المبدأ ينطبق على الحيوانات والأحياء جميعاً. بعد ملاحظاته الدقيقة في جولته الطويلة توصل إلى صوغ نظريته في الاصطفاء الطبيعي في الوقت نفسه الذي توصل ألفرد والس إلى النتيجة نفسها. نسبت النظرية إلى الاثنين معاً كما سنرى.

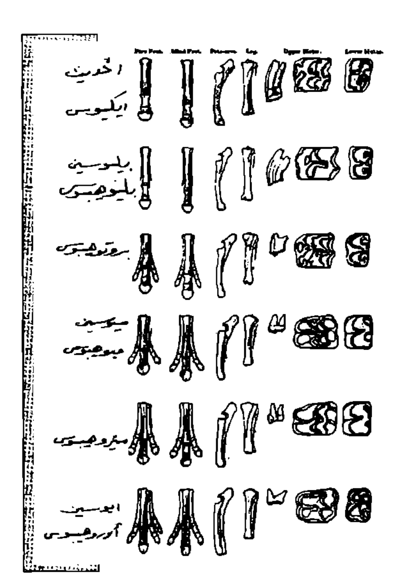
الفصل الخامس: ميراث داروين (1859-1930)

كان أول وأهم العلماء المقتنعين بحقيقة التطور، العالم التشريحي البريطاني توماس هكسلي، إذ أدرك أن نظرية داروين توفر آلية للتطور دون تدخل قوى فوق طبيعية مع أن هكسلي نفسه لم يكن موافقاً كلياً على أن الاصطفاء الطبيعي هو الآلية التطورية المفتاحية. دافع هكسلي عن نظرية التطور كحجر الزاوية لمنهاج النادي (x) الذي اهتم بإصلاح العلم عن طريق إحلال الأفكار الطبيعية محل علم اللاهوت الطبيعي وإنهاء سيطرة رجال الدين على العلوم الطبيعية البريطانية.

في أوائل السبعينيات من القرن الثامن عشر وفي البلاد المتكلمة بالإنكليزية، أصبح التطور بمساهمة هذه الجهود التفسير العلمي لأصل الأنواع. استخدم هكسلي أدلة جديدة من علم الأحافير لدعم كلمة التطور ووجد فيها أدلة على نشوء الطيور من الزواحف ومن ضمنها اكتشاف المجنح القديم (اركيوبتريكس) في أوروبا، وعدداً من الأحافير للطيور الابتدائية ذات الأسنان وجدت في أميركا الشمالية.

ومن الأدلة الهامة، العثور على أحافير ساعدت على تتبع آثار

تطور الحصان ابتداء من أسلافه الصغيرة القد خماسية الأصابع (شكل 2).



(الشكل 2)
مخطط لتطور
قوائم الحصان وأسنانه

غير أن قبول فكرة التطور كان بطيئاً لدى علماء البلاد التي لا تتكلم الإنكليزية مثل فرنسا ودول أوروبا الجنوبية وأميركا اللاتينية. وكانت ألمانيا استثناء لذلك، حيث أيد الفكرة كل من أوغست فايزمن وأرنست هيكل. وقد استعان فايزمن بمفهوم التطور لتحدي التقليد الراسخ للمثالية الميتافيزيقية في البيولوجيا الألمانية، كما فعل هكسلي في تحدي علم اللاهوت الطبيعي في بريطانيا.

نجحت نظرية داروين في تغيير الفكر العلمي تجاه تطور الحياة وفي خلق ثورة فلسفية صغيرة، لكنها لم تتمكن من تفسير عدة أركان هامة من العملية التطورية. فداروين لم يكن قادراً على تفسير مصدر الاختلافات في الصفات الفردية داخل النوع ولا على تحديد الآلية التي تسمح بانتقال الصفات بأمانة من جيل إلى آخر.

موقف النظرية من الإنسان

كان داروين متخوفاً من رد الفعل القاسي للمجتمع العلمي، فتجاهل كلياً موضوع الإنسان في كتابه «أصل الأنـواع»؛ وعلى الرغم من هذا الحذر فإن الجدل احتدم في المجلات والمقالات التي صدرت بعد طبع الكتاب. لقد كان معظم الجمهور العلمي في النصف الأول من القرن التاسع عشر، يعتقد أنه على الرغم من أن علم الجيولوجيا أظهر الأقدمية الكبيرة للأرض وللحياة، لكن الإنسان ظهر فجأة منذ عدد قليل من آلاف السنين فقط. غير أن إنجاز سلسلة من الاكتشافات في الأربعينيات والخمسينيات من القرن التاسع عشر أظهرت وجود أدوات حجرية مرافقة لبقايا حيوانات منقرضة. وفي الستينيات أصدر تشارلز لييل عام 1863 كتابه «الأدلة الجيولوجية على قدم الإنسان»، وأصبح من المقبول بشكل واسع وجود الإنسان منذ زمن بعيد، يعود إلى ما قبل التاريخ ويمتد عدة آلاف من السنين قبل بداية التاريخ المكتوب.

هذه النظرة إلى التاريخ البشري كانت أكثر موافقة مع الأصل التطوري للبشرية من النظرة القديمة. ومن جهة أخرى، لم يكن في ذلك الوقت أدلة أحفورية لإيضاح تطور الإنسان. وإن الأحافير الوحيدة التي وجدت قبل اكتشاف إنسان جافا في التسعينيات (1890) كانت من البشر الحديثين تشريحياً أو من الإنسان النيندارتالي الذي كان قريباً جداً – خصوصاً في الصفات الهامة لسعة الجمجمة – من

الإنسان الحديث، ما دعا إلى الاقتناع بأن الإنسان النيندارتالي درجة متوسطة بين البشر والرئيسات الأخرى.

بناء على ذلك، تركز النقاش الذي تلا نشر كتاب «أصل الأنواع» على التشابهات والاختلافات بين الإنسان والقردة المعاصرة. حيث ينكر قسم من العلماء أية قرابة بينهما وقسم يضعهما في زمرة واحدة.

في عام 1871 نشر داروين كتابه «نسب الإنسان، والاصطفاء بحسب الجنس» الذي تضمن نظرته إلى تطور الإنسان ورأى أن الفروق بين عقل الإنسان وعقل الحيوانات الراقية هي في الدرجة لا في النوعية. وإن كل الفروق بين القردة والبشر يمكن تفسيرها على ضوء مجموعة عوامل، منها الضغوط الاصطفائية التي واجهها أجدادنا عند انتقالهم من الأشجار إلى السهول، ومنها الاصطفاء الجنسي.

بدائل عن الاصطفاء الطبيعي

صار مفهوم التطور مقبولاً على نطاق واسع في الدوائر العلمية خلال سنين قليلة بعد نشر «أصل الأنــواع»، لكن قبول الاصطفاء الطبيعي كآليته الدافعة، كان أقل من ذلك بكثير. أما البدائل الأربعة الهامة للاصطفاء الطبيعي في نهاية القرن التاسع عشر فكانت:

1. التطور اللاهوتي.
2. اللاماركية الجديدة.
3. التطور الخطي.
4. التطور الفجائي.

1 – التطور اللاهوتي (Theistic evolution)

يرى التطوريون اللاهوتيون أن الله يتدخل في عملية التطور ليوجهه بطريقة تجعله يحافظ على مبدأ التصميم. غير أن هذه الفكرة تداعت تدريجاً بين علماء الطبيعة، حتى اختفت تقريباً عام 1900 من المناقشات العلمية المهنية على الرغم من احتفاظها بكثير من التأييد الشعبي.

2 – اللاماركية الجديدة (Neo – Lamarckism)

احتلّت اللاماركية الجديدة، في نهاية القرن التاسع عشر، موقعاً هاماً بين علماء الطبيعة الذين رأوا وراثة الصفات المكتسبة، أكثر آليات التطور أهمية. ومن الذين دافعوا عنها الكاتب البريطاني صموئيل بتلر والبيولوجي الألماني أرنست هيكل وعالم الأحياء الأميركي إدوارد درنكركوب.

وهم اعتبروا اللاماركية متفوقة فلسفياً على فكرة الاصطفاء الطبيعي لداروين. كانت وراثة الصفات المكتسبة جزءاً من نظرية التلخيص في التطور للعالم هيكل، وهي تنص أن التطور الجنيني للمتعضية يعيد ويلخص تاريخها التطوري. وقد أشارت الانتقادات الموجهة إلى هذه النظرية من قبل البيولوجي الألماني أوغست فايزمن وألفرد والس إلى أنه ما من أحد قط، جاء بدليل صلب على وراثة الصفات المكتسبة.

وعلى الرغم من هذه الانتقادات بقيت اللاماركية الجديدة أكثر

البدائل عن الاصطفاء الطبيعي شعبية في نهاية القرن التاسع عشر وفي القرن العشرين لبعض علماء الطبيعة.

3 – التطور الخطي (Orthogenesis)

تزعم نظرية التطور الخطي، أن للحياة ميلاً داخلياً للتغير وفق مسلك خطي واحد لا تشعب فيه، نحو كمال أبدي. لاقت هذه النظرية أتباعاً معتبرين في القرن التاسع عشر، منهم البيولوجي الروسي لبوبرغ وعالم الأحافير الأميركي هنري أوسبرن. وكانت شائعة بين بعض علماء الأحافير الذين اعتقدوا أن السجل الأحفوري يبدي تغيراً ثابتاً وحيد الاتجاه.

4 – التطور الفجائي (Saltationism)

تقترح نظرية التطور الفجائي أن الأنواع الجديدة تنبثق نتيجة طفرات ضخمة فجائية. وأن التطور يحدث بسرعة أكبر مما تنص عليه الداروينية من تغير بطيء تدريجي. كانت هذه النظرية مقبولة لدى علماء الوراثة الأوائل أمثال هوغودي فريس ووليم باتيسون وتوماس مورغان وقد أصبحت أساس النظرية الطفرية في التطور.

علم الوراثة المندلي والبيومترية والطفرة

في عام 1900 أثارت اكتشافات مندل قوانين الوراثة نقاشاً حاداً بين معسكرين من البيولوجيين:

الأول هو معسكر المندليين الذين ركزوا على التغايرات المجردة

وقوانين الوراثة بقيادة وليم باتيسون الذي صاغ تعبير علم الوراثة (Genetics) وهوغودي فريس الذي صاغ تعبير الطفرة (Mutation).

والثاني هو معسكر البيولوجيين الاحصائيين (البيومتريين) الذين اهتموا بالتغايرات المستمرة للصفات داخل الجماعات بقيادة كارل برسون وولتر ولدن ثم فرانسيس غالتون الذي ركّز على القياس والتحليل الإحصائي للتغاير داخل الجماعة. وهؤلاء رفضوا علم الوراثة المندلي باعتبار أن الوحدات المجردة للوراثة كالجينات (المورثات) لا تفسر التسلسل المستمر للتغاير الذي يظهر في الجماعات الواقعية.

عندما بدأ مورغان تجاربه على ذبابة الفواكه (Drosophila melanogaster) وهومن أتباع المذهب الفجائي في التطور، أمِل من تجاربه أن تقوده إلى خلق نوع جديد من ذبابة الفواكه في المختبر بفضل الطفرة وحدها. لكن أعماله المخبرية بين (1910 – 1915) أعادت تثبيت علم الوراثة المندلي وزوّدت بدليل تجريبي صلب يربطه بالوراثة الصبغية (كروموزومية)، كما أوضح عمله أيضاً، أن أغلب الطفرات ذات تأثيرات ضئيلة نسبياً مثل تغير لون العيون. وهي عاجزة عن خلق نوع جديد في خطوة واحدة. فالطفرة تتسبب بزيادة الاختلافات الفردية في الجماعة الموجودة.

الفصل السادس: علم الوراثة الجَمَاعي (Popular genetics) (1920–1940)

تصالحت المندلية والبيولوجيا الإحصائية في نهاية الأمر مع نشوء علم الوراثة الجماعي. والخطوة المفتاحية في ذلك كان عمل البيولوجي والإحصائي البريطاني فيشر، ففي سلسلة من النشرات بدأت عام 1918 ثم جمعت عام 1930 في كتابه «النظرية الوراثية في الاصطفاء الطبيعي»، أوضح أن التغاير المستمر المقيس بطرائق البيولوجيا الإحصائية يمكن أن ينتج بالعمل المتضافر عدة مورثات مجردة، وأن الاصطفاء الطبيعي يمكن أن يغير تواتر (نسبة) الموروثات في الجماعة متسبباً بعملية التطور، وفي سلسلة أخرى من النشرات بدأت عام 1924 طبّق عالم وراثي بريطاني آخر، هالدن، التحليل الإحصائي على الأمثلة الواقعية في عالمنا المتعلقة بالاصطفاء الطبيعي. كما في مثال التطور الميلانيني لحشرة العث (سيأتي شرح ذلك مفصلاً). وأظهر أن الاصطفاء الطبيعي يعمل بسرعة أكبر مما توقعه فيشر. أما البيولوجي الأميركي سيوول رايت، الذي كان مهتماً بتجارب تربية الحيوانات فقد ركز على مجموعة من المورثات المتفاعلة فيما بينها وتأثيرات زواج الأقارب (الزواج الداخلي) في جماعات صغيرة معزولة نسبياً تبدي انحرافاً وراثياً (Genetic drift) وفي عام 1932 أدخل رايت مفهوم المشهد التكيفي ورأى أن الانحراف الوراثي والتزاوج الداخلي يمكن أن يؤديا إلى جُميعة (population–Sub) صغيرة بعيدة عن القمة التكيفية سامحة للاصطفاء الطبيعي بقيادتها بقمم تكيفية مختلفة. وقد نتج من

أعمال فيشر وهالدين ورايت تأسيس مبدأ علم الوراثة الجماعي. وهذا يجعل الاصطفاء الطبيعي متكاملاً مع علم الوراثة المندلي. وكان ذلك الخطوة الأولى الحاسمة في نشوء نظرية موحدة عن كيفية التطور.

النظرية التركيبية التطورية الحديثة

(Modern evolutionary synthesis)

في العقود الأولى من القرن العشرين استمر أغلب علماء الطبيعة في الاعتقاد أن اللاماركية والتطور الخطي يوفران التفسير الأفضل للتعقيد الذي يلاحظونه في العالم الحي. ولكن بما أن حقل علم الوراثة استمر في النمو والتطور أصبحت هذه الرؤية أقل قبولاً. فالعالم تيودوسيوس دوبزانسكي الذي عمل في مختبر مورغان، تأثر بالبحث عن التنوع الوراثي الذي قام به عالم الوراثة الروسي سيرجي تشيتفيريكوف، ساعد على مد الجسور بين مؤسس التطور الصُغْري (Microevolution) الذي أنشأه علماء وراثة الجماعات وبين نماذج التطور الكِبْري (Macroevolution) الملاحظ من قبل البيولوجيين، وذلك في كتابه «علم الوراثة وأصل الأنواع». عام 1937 تفحص دوبزانسكي الفروق الوراثية للجماعات المتوحشة وأظهر أنه خلافاً لمسلمات علم الوراثة الجماعي، فلهذه الجماعات مقادير ضخمة من التنوع الوراثي مع وجود فروق ملحوظة بين الجُميعات (فروع الجماعة الواحدة).

أما البيولوجي التطوري ارنست ماير فقد تأثر بأعمال البيولوجي

الألماني برهارد رينتش، مظهراً تأثير البيئة المحلية في التوزع الجغرافي لفروع النوع والأنواع القريبة منها. سار ماير على خطى دوبزانسكي في كتابه لعام 1942 «المنهجيات وأصل الأنواع» الذي شدد على أهمية التنويع المختلف الموطن في تشكيل الأنواع الجديدة. ويحدث هذا النمط من التنويع عندما يتبع الانعزال الجغرافي للجميعات نشوء آلية للانعزال التكاثري.

في عام 1944 أصدر جورج سمبسون كتاباً بعنوان «الإيقاع والطراز في التطور» (tempo and mode in evolution) بيّن فيه أن السجل الأحفوري كان محتوياً على النماذج اللاتوجيهية اللانظامية تنبأت بها النظرية التركيبية التطورية الناشئة. وأن الاتجاهات الخطية التي أعلنها علماء الأحافير الأوائل والداعمة للتطور الخطي واللاماركية الجديدة لم تخضع للفحص والتحري الدقيقين.

في الخمسينيات من القرن العشرين أصدر جوليان هكسلي كتابه «التركيبية الحديثة» (Modern synthesis) متضمناً ما أسماه «النظرية التركيبية التطورية الحديثة» التي أكدت مفهوماً جوهره الجمع بين الاصطفاء الطبيعي وعلم وراثة الجماعات المندلي. وهو يربط معاً العديد - وليس الكل - من المبادئ البيولوجية. وقد ساعد على تأسيس شرعية البيولوجيا التطورية في مناخ علمي فضّل الطرائق التجريبية على التاريخية.

البيولوجيا الجزيئية والتطور (1940 - 1960)

(Molecular biology and evolution)

شاهدت العقود المتوسطة من القرن العشرين نهوض البيولوجيا الجزيئية، وعن طريقها تم فهم الطبيعة الكيميائية للمورثات (الجينات) كأجزاء متتالية في الحمض النووي (DNA) وعلاقتها بتتالي الحموض الأمينية في البروتينات والخاضع لتتالي النيوكليوتيدات في الشيفرة الوراثية. في الوقت نفسه، وجهت التقنيات القوية المتزايدة لتحليل البروتينات، الظواهر البيوكيمياوية نحو مملكة النظرية التركيبية في التطور. ففي أوائل الستينيات (1960) اقترح البيوكيمياويان لينوس باولنغ واميل زوكركندل فرضية الساعة الجزيئية حيث يمكن استخدام الفروق المتتالية بين البروتينات المتشابهة لحساب زمن افتراق نوعين ابتداء من نوع واحد. وبحلول عام 1969 قدم موتوكيمورا وآخرون قاعدة نظرية للساعة الجزيئية مقترحين، أقله على المستوى الجزيئي، أن معظم الطفرات الوراثية غير ضارة وغير نافعة (حيادية). وأن الطفرة والانحراف الوراثي (وليس الاصطفاء الطبيعي) يتسببان بقسم كبير من التغير الوراثي، وهذا ما دعوه «النظرية المحايدة في التطور الجزيئي».

الفصل السابع:

البيولوجيا الصُغْرية (Microbiology)

كانت الميكروبيولوجيا مهملة تماماً من قبل النظرية التطورية، بسبب نـدرة الصفات الشكلية أو النقص في مفهوم النوع في الميكروبيولوجيا، خصوصاً فيما يتعلق بطلائعيات النوى. أما الآن فقد تحسن كثيراً مفهوم الباحثين التطوريين عن علم وظائف الأحياء الدقيقة وعلم البيئة.

الفصل الثامن: أواخر القرن العشرين

الانتقال الجيني الأفقي (Horizontal gene transfer)

من نتائج دراسة التطور الميكروبيولوجي الهامة، كان اكتشاف الانتقال الأفقي للمورثات عام 1959 في اليابان. عرف ذلك أولاً بين أنواع مختلفة من البكتريا، لأنه قام بدور هام في انتشار مقاومة المضادات الحيوية. والآن، ولأن معرفة الذخائر الوراثية (Genomes) استمرت في التوسع، اعتُقِد بأن الانتقال الجيني للمادة الوراثية قام بدور هام في تطور جميع المتعضيات. أدت هذه المستويات العالية من الانتقال الجيني الأفقي إلى الاقتراح بأن شجرة نسب المتعضيات الحالية «شجرة الحياة» مشابهة كثيراً للشبكة. وفي الحقيقة إن نظرية التعايش الداخلي المتعلقة بمنشأ العضيات الخلوية ترى شكلاً من الانتقال الأفقي للجينات كخطوة حاسمة في تطور حقيقيات النوى.

التكافل أو التعايش الداخلي (Endosymbiosis)

يقصد بـه أن العضيات داخـل خلايا حقيقيات النوى كالميتوكوندريات والصانعات الخضراء انحدرت من بكتيريات مستقلة وخلقت في خلايا أخرى لتعيش فيها بشكل تكافلي.

القسم الثاني

قصة حياة داروين وأعماله

الفصل الأول: عائلة داروين

إنها ليست قصة رجل فحسب، هي أيضاً قصة فكرة غيرت نظرة العالم. لم يكن تشارلز داروين بطلاً كما سترى، فقد قضى نصف حياته تقريباً طريح الفراش، مريضاً أو متمارضاً. وكان تلميذاً سيئاً، لم يتقن أيّ مرحلة من مراحل دراسته. كانت كلها بعيدة كل البعد عن أهوائه وميوله. وعلى الرغم من أنه اعتبر واحداً من أعظم المفكرين، فهو لم يكن قادراً على التحكم في أفكاره الخاصة أو عواطفه. وبدا في أغلب الأوقات متشائماً شديد الخوف من المرض أو الموت، وأسوأ من كل ذلك، شعوره الدائم برفض الآخرين له.

إنه أمر غريب حقاً، أن يكون هذا الرجل على هذه الدرجة من الشهرة! فوراء كل هذه الالتواءات الشخصية يقبع رجل عبقري مقاوم قضى كل حياته في صوغ وصقل واحدة من أكثر الأفكار أهمية في التاريخ، نختصرها اليوم بكلمة واحدة هي التطور (Evolution).

ولد تشارلز داروين عام 1809 ومات عام 1882. كانت الأحوال مختلفة جداً في ذلك العصر عما هي عليها حالياً، فأكثر الاختراعات التي

نعتبرها من المسلمات الآن، لم تكن قد وجدت بعد، فلم يكن هنالك طائرات ولا سيارات ولا هواتف ولا حواسيب ولا آلاف الأجهزة التي نستخدمها يومياً. وسائل الاتصال هي الرسائل ووسائل السفر البعيد هي السفن، أما السفر القريب فعلى الأقدام أو في عربات الخيول. لكن العالم بدأ بالتغير قبل ولادة داروين بقليل، إذ دخلت إنكلترا في فترة تاريخية سميت الثورة الصناعية، التي هي سلسلة من التقدمات والإنجازات التقنية والهندسية التي غيرت سبل العيش السائدة. تم اختراع المحركات البخارية لتشغيل الآلات التي تنجز في الساعة الواحدة ما يقوم به العامل في يوم كامل. واستعمل الحديد لبناء الجسور والسكك الحديدية لأول مرة. وانتشرت المصانع في كل مكان، وتسابق الناس للحصول على العمل تاركين مزارعهم. فتحولت القرى إلى البلدات والبلدات إلى المدن وتحولت المدن إلى مساحات عمرانية شديدة الضخامة. وتنامت الطبقة المتوسطة من المثقفين والمفكرين والأطباء والمهندسين والمعلمين بسرعة كبيرة من حيث الحجم والأهمية.

حملت هذه التغيرات معها بعض المشكلات حيث أصبحت المدن مزدحمة وقذرة وملأى بالفقراء ولم يكن هنالك من قواعد أو قوانين تكفل إنصاف العمال وإعطاءهم حقهم من الأجور والمعاملة المنصفة، حيث يدفع لهم الأجر الضئيل مقابل العمل الشاق الطويل في الظروف الصعبة والخطرة، فبدأوا بالتذمر والتململ والمطالبة بأجور أفضل وحقوق أكثر، ما أوحى لمالتوس أن ينشر كتابه المشهور حول تزايد السكان.

وعلى الرغم من جميع الصعاب التي واجهت العمال في ذلك الحين، اعتبرت الثورة الصناعية أحد مظاهر التقدم والارتقاء الحضاري؛ أما الاتجاه العام للناس فكان: «البشر يحكمون الوحوش والأغنياء يحكمون الفقراء والأوروبيون يحكمون بقية العالم». ولا يزال النظر إلى المسيحية بأنها الديانة الصحيحة الوحيدة، وكل تحد للكتاب المقدس هو تحد لبنية المجتمع.

كم هو مدعاة للدهشة أن تجد واحداً استفاد كثيراً من هذا النظام وهومن عائلة غنية ودرس ليصبح وزيراً، أن يكون الشخص الذي فجّر التحدي الأكبر.

اسم داروين، حتى قبل ولادة تشارلز، واحد من أكثر الأسماء شهرة وأهمية في إنكلترا، إذ كان أرسموس داروين، جد تشارلز داروين، رجلاً عبقرياً من أوائل الذين صاغوا نظرية في التطور مختلفة عن النظرية المقبولة حالياً، وهذا يبين أن الداروينيين فكروا في مسألة التطور منذ زمن طويل.

أرسموس داروين (1731 - 1802) طبيب ماهر اكتسب شعبية كبيرة عندما عالج صبياً وشفاه بعد أن قارب الموت. واعتقد الناس أن شفاءه كان إحدى المعجزات؛ لكن أرسموس تأكد أن الأطباء الذين سبقوه في المعالجة أخطأوا في تشخيصهم للمرض. ومع ذلك توافد المرضى على عيادته بالمئات وذاع صيته كثيراً حتى أن الملك جورج الثالث نفسه طلبه ليصبح طبيبه الخاص، واستغرب الناس رفضه هذا

الطلب بحجة أنه لا يحب العيش في لندن؛ وقد تكون مساعدته ودعمه للأميركيين الثائرين ضد البريطانيين آنئذ لعبت دوراً في هذا الرفض.

حوالى عام 1760 قابل أرسموس مريضاً يدعى جوسيا ودغود، رجل أعمال شاباً من عائلة صانعة للأواني المطبخية، وأصبح الرجلان سريعاً صديقين حميمين شاركا في مصلحة للمحركات البخارية والأجهزة الميكانيكية الأخرى التي تم اختراعها في إنكلترا ذلك الوقت مشكّلة بداية الثورة الصناعية التي غيرت المجتمع. أصبح أرسموس نفسه مخترعاً كبيراً ومصمماً لنوع جديد من الطواحين الهوائية التي استخدمها جوسيا في مصنعه المنتج للأواني المطبخية. ثم صمم نماذج من السيارات والطائرات قبل أن يجرؤ أحد على محاولة التفكير في ذلك، ولا تزال بعض تصاميمه تستخدم في السيارات الحديثة حتى الآن.

بعد ذلك شكل أرسموس وجوسيا نادياً من العلماء والمخترعين والمفكرين أطلقا عليه اسم «المجتمع القمري»، لأنهم اعتادوا الاجتماع معاً شهرياً عندما يكون القمر مكتملاً، فتسهل العودة إلى البيت عند انتهاء الاجتماع في ساعة متأخرة من الليل.

من بين أعضاء النادي كان العالم جيمس واط الذي أتقن صناعة المحرك البخاري. والعالم جوزف برستلي الكيميائي الشهير الذي اكتشف الأوكسجين وغازات أخرى.

عارض أعضاء النادي القمري العبودية والاستعمار ودعموا استقلال أميركا وآمنوا بالحرية الدينية. وكانت هذه الأفكار شديدة التطرف آنئذ، فكتم عديد من الأعضاء معتقداتهم السياسية عن

الآخرين، ليتداولوها سرياً. وفي أغلب الأحيان كانوا يتكلمون عن العلم والاختراعات الثورية المتعلقة بالآلات.

لا شك أن الاجتماع مع كل هؤلاء المفكرين العظماء شهرياً، ملأ أرسموس وجوسيا بالطاقة وبالأفكار النيرة. فحسّن جوسيا صناعة الأواني المطبخية في مصنعه ليصبح أفضل مصنع في البلاد ولا يزال اسم ودغود هو الاسم الأفضل بين أسماء الأواني المطبخية حتى اليوم. أما أرسموس فبدأ بتأليف كتب عن العلم والطبيعة. ولم تكن في الواقع كتباً نظامية وإنما قصصاً طويلة عن الحيوانات والطب والاختراعات والمستقبل. قد يبدو هذا النوع من الكتابة غريباً على القراء الحاليين. ولكن الناس كانوا يحبونه آنذاك.

أصبح أرسموس بسرعة واحداً من أشهر القاصين في عصره؛ وقد عرض أفكاره عن التطور في قصيدتين شعريتين: الأولى دعاها «زونوميا» والثانية «معبد الطبيعة» التي ذكر فيها أن الحياة ظهرت أولاً كمتعضيات مجهرية في المحيطات وأن كل الحيوانات والنباتات الموجودة اليوم انحدرت أصلاً من تلك الأحياء.

إن أغلب العلماء الآن يعتقدون بصحة ذلك. لكن القليل من الناس يثق بأن أرسموس داروين هو من اقترح الفكرة. لم يكن التاريخ منصفاً له، فهو لم يحظَ بتقدير لأفكاره إلا نادراً. ولكننا نعرف شيئاً واحداً هو أن حفيده تشارلز كان مولعاً بقصيدتي جده وكان متأكداً من أن اسم داروين لن ينسى.

أصبح روبرت داروين، ابن أرسموس، طبيباً كأبيه وتزوج سوزانا

ابنة جوسيا. ولكنه لم يهتم بالأواني المطبخية ولا بالآلات الهندسية. وكان جدياً في تعامله يفرض هيبته واحترامه على الحاضرين بحيث يبقون صامتين عندما يدخل إلى مكان وجودهم وقد يكون ذلك لأنه يعرف جيداً بماذا يفكر الآخرون، فيخبرهم متى يكذبون أو يغالون في أحاديثهم، وهذه مهارة لا تبعث على الارتياح. لكن مرضاه وجدوا هذه المهارة مريحة لهم ومعينة على التخفيف من معاناتهم، وكثيراً ما كانوا يعيدونه ليخبروه بمشكلاتهم العاطفية بدلاً من مشكلاتهم الفيزيولوجية.

أنجب روبرت وسوزانا أربع بنات وصبيين أحدهما تشارلز الذي ولد عام 1908 وأصبح أشهر بني داروين على الإطلاق.

الفصل الثاني: مرحلة الدراسة

أحب تشارلز في صغره جمع القواقع والصخور والطوابع والنقود. وكان يتساءل فيما بعد، هل كانت رحلته حول العالم ليجمع الصخور والقواقع والمستحاثات (الأحافير أو المتحجرات) (Fossils) - والحيوانات، استمراراً للألعاب التي مارسها أثناء طفولته؟

لم يلتحق تشارلز برياض الأطفال أو بمدارس تحضيرية نظامية فلم يكن مثل ذلك موجوداً في إنكلترا. وفي سن السابعة أخذ يتلقى الدروس من أخته الكبرى، كارولين، ولكنها لم تعره الصبر الكافي، لكونها في سن المراهقة من جهة، ولعدم رغبته في الدراسة من جهة ثانية.

لا يعرف المؤرخون سوى القليل عن والدة داروين، سوزانا التي فارقت الحياة نتيجة مرض في معدتها عندما كان تشارلز في الثامنة من عمره. ولم يسمح للطفل الصغير أن يراها حين المرض. وبعد موتها، منع روبرت الجميع من التحدث عنها، وكانت أوامره صارمة لا يستطيع أحد مخالفتها.

يعتقد علماء النفس الآن بأنه من الأفضل أن يتكلم الأطفال عن مشاعرهم وبخاصة مشاعر الخوف، والذين يكتمون مشاعرهم المأسوية قد يشعرون بالذنب مدى حياتهم. وربما هذا ماجرى للمسكين تشارلز. إذ أرعبه موت والدته ولكنه أُجبر على كتم تلك المشاعر. فليس من المستغرب أن نراه يمضي معظم حياته معتقداً بأن لديه مشكلات في المعدة.

التحق تشارلز بعد موت أمه بمدرسة للصبيان. ولم يتعلم فيها شيئاً يذكر إذ كانت مركزاً للعناية أكثر مما هي للتعليم. وفي السنة التالية عندما بلغ التاسعة، قرر والده إرساله إلى مدرسة خاصة نظامية فالمدارس الحكومية المجانية لم تكن موجودة في شروبري، مسقط رأسه، فسجله في أكاديمية مكلفة جداً «مدرسة شروبري لقواعد اللغة»، (كان تشارلز محظوظاً بانتسابه إلى أسرة ثرية، فمعظم الأولاد عام 1818 لم يذهبوا إلى المدارس بتاتاً). وهذه الأكاديمية واحدة من أهم المدارس في البلاد، على رأسها مدير صارم يدعى بتلر، يعاقب الطالب بالضرب إن تخلف عن كتابة وظائفه أو حصل على درجات سيئة في الامتحانات. ومن حظ تشارلز أن أخاه الأكبر أرسموس كان تلميذاً فيها

منذ أربع سنوات فتكفل باحتضانه وإرشاده، ودله على السبل الوعرة التي عليه تجنبها.

لكن تشارلز لا يزال صغيراً طاهر القلب، فعلى الرغم من أن مدرسته توفر الطعام والمبيت (داخلية) فإنه يذهب إلى البيت مرة واحدة أقله يومياً، فهو يبعد عن المدرسة مسافة ميل واحد فقط، يبقى في المنزل يلعب مع أخواته أقصى ما يمكنه من الوقت، ثم يهرول عائداً إلى المدرسة بأقصى سرعة يستطيعها في الدقيقة الأخيرة قبل أن تغلق المدرسة أبوابها ليلاً.

قد يتبادر إلى الذهن أن داروين الذي أصبح من العباقرة المشهورين في التاريخ، كان تلميذاً متفوقاً لامعاً بين أقرانه، لكن الواقع هو عكس ذلك، فهو لا يصغي إلى الأساتذة، وينقل من زملائه قدر المستطاع وينسى كل شيء تعلمه بعد يوم أو اثنين. وقد كتب في إحدى مذكراته «لا شيء يعيق نمو فكري وتطوره مثل مدرسة بتلر، فلا تتعلم فيها إلا القليل من الجغرافيا والتاريخ، وهي بالنسبة إليّ مدرسة خالية من أي مغزى تربوي». يعني داروين أن المدرسة لم تكن تعلم إلا اللغات القديمة، اللاتينية واليونانية، فلا لغة انكليزية ولا علوم ولا رياضيات ولا تاريخ حديث ولا لغات أخرى. ومن هنا ندرك لماذا أبدى داروين لها هذه الكراهية.

أحبَّ داروين الطبيعة فلجأ في أيام العطل إلى جمع بيوض الطيور والسمادل والحشرات واصطاد السمك ولعب مع الكلاب وركض في

الحقول، كتلة من النشاط المستمر لا يحب البقاء داخل المنزل إلا ببالغ الصعوبة ولأقصر فترة من الزمن.

عندما بلغ داروين سنة الـ(14) سمح له والده بحمل بندقية للصيد ليظهره كفرد من عائلة ثرية مرموقة اجتماعياً. والصيد كان واحداً من هوايات الطبقة الراقية التي تعيش في الأرياف، سمح له بالذهاب مع أفراد عائلته أولاً، ثم التصيد بمفرده لاحقاً. وما لبث الوالد أن ندم لاتخاذه مثل هذا القرار لابنه الذي أحب الصيد وشغف به أكثر من الدراسة بأضعاف، فلم يكن يتحدث عن شيء سوى صيد الطيور في الغابات حول شروبري، مهملاً دراسته وحاملاً معه إنجازاته المدرسية الخائبة المخجلة. الأمر الذي دفع والده إلى التوجه إليه في أحد الأيام قائلاً: «أنت لا تفقه شيئاً سوى اصطياد الطيور والبحث عن الكلاب والفئران وسوف تكون متخاصماً مع نفسك ومع كل العائلة».

شعر تشارلز بمرارة هذا التأنيب لدرجة أنه استقر في ذاكرته بقية حياته.

بقي تشارلز معرضاً للانتقاد حتى بعد أن أخذ يهتم بالموضوعات الجدية. ففي عام 1824 تمكن أخوه أرسموس من إقناع والده بالسماح لهما ببناء مختبر كيميائي من صنع أيديهما ضمن سقيفة في الجبل، وضعا فيه مجموعة هامة من الأجهزة الثمينة، ثم شرعا في إعلام التلاميذ في المدرسة عن مشروعهما الهام وعن تجاربهما الكيميائية. وعندما علم الوالد بما يجري، نادى تشارلز أمام جميع التلاميذ، وأخذ يؤنبه ويوبخه بسبب إضاعته للوقت على مثل هذه الأشياء عديمة النفع.

وفي عام 1825 أخرجه من المدرسة تجنباً لمزيد من الفضائح وهو في سن (16).

أما أرسموس فقد بلغ العشرين، ودرس الطب في جامعة كمبردج ثم انتسب إلى كلية للطب شهيرة في ادنبرغ (اسكتلندا) لينال الشهادة النهائية التي تخوله ممارسة الطب كوالده وجده. وقد ظن روبرت أن أفضل شيء هو إرسال تشارلز إلى الكلية نفسها لينضم إلى أخيه ويدرس الطب فيها. وهي كلية الطب الرائدة في البلاد ذلك الوقت، فكيف يمكن لتشارلز ذي التحصيل الضئيل في المدرسة أن يُقبل في مثل هذه الجامعة. الأمر مختلف ذلك الوقت، فالحصول على القبول تقرره الدراهم قبل كل شيء. إذ إن أغلب العائلات غير قادرة على تأمين النفقات المترتبة على من يريد الدراسة في جامعة ادنبرغ. لكن الدكتور روبرت يجني المال الوافر من مهنته كطبيب ومن استثماراته الذكية أيضاً، وفي مقدوره إرسال ولديه بسهولة إلى هذه الجامعة.

حزم تشارلز أمتعته عام 1825 والتحق بجامعة ادنبرغ وهو في سن (16) من العمر، واستأجر الأخوان غرفة قريبة من الجامعة.

انشرح صدر تشارلز وخصوصاً من النشاط الهائل الذي صادفه في المدينة الكبيرة قياساً بشروبري، كان الجو ممتلئاً بالأفكار الجديدة.

وجد تشارلز في السنة الأولى من دراسته الجامعية، أن جميع المواد التي يتعلمها مثيرة للضجر والملل، عدا مادة الكيمياء التي لا يزال يحبها بفضل التجارب التي أجراها مع أخيه في المختبر المنزلي. وقد يكون هذا الضجر عائداً إلى صغر سنه عن الحد الذي

يمكنه من فهم الدروس أو لجهل الأساتذة أو للأمرين معاً. أما القشة التي قصمت ظهر البعير فكانت عندما شاهد مجرى إحدى العمليات الجراحية، ففي ذلك الوقت لم يكن هنالك من تخدير يجنّب المريض الشعور بالألم، فالمريض يبقى واعياً كالطبيب يشعر بمشرط الجراح وهو يمزق جلده وأنسجته، وأكثر من ذلك لا يقوم الجراح بغسل يديه قبل العملية ولا بعدها. حتى أنه لو نجحت العملية فإن المريض يموت على الغالب من الإنتانات.

العملية التي حضرها تشارلز لولد صغير، أخذ يصرخ بصوت عال بعد أن ثبّته مساعدو الطبيب بقوة لمنعه من الحركة. شرع الطبيب في القص والتمزيق والدم يتدفق وينتشر في سائر الاتجاهات.

ارتعب تشارلز من هذا المنظر الرهيب وجرى سريعاً إلى الخارج تجنباً لإصابته بصدمة شديدة تدخله في حالة من المرض والانهيار. عرف منذ ذلك اليوم أنه لا يصلح أبداً لأن يكون طبيباً، ودخل مع ذاته في عالم من الجدل حول هذا الموضوع. كان أخوه قد أقنعه بأنهما سيرثان يوماً ما، ثروة طائلة من والدهما، فلا ضيم من أن يصبحا طبيبين، طالما أن الثروة مؤمنة على أية حال. إنها فكرة كسل وجشع وخمول كما اعترف بذلك تشارلز فيما بعد. ولكنها مغرية لصبي مُفسَد بالدلع والدلال. بالإضافة إلى أنه إذا علم الدكتور روبرت أن تشارلز قد انسحب من كلية الطب فسوف يُحرم من جميع امتيازاته. يجب إذن، البقاء في الكلية دون إعارة أي انتباه أو اهتمام للدروس ودون إخبار

والده بعزوفه عن فكرة الطب وما عليه سوى الادعاء ببساطة بأنه طالب في كلية الطب.

تخرج أرسموس في هذا العام وعالج بعض المرضى بفتور دون أي حماسة ثم تبع نصيحته وأهواءه فانقطع عن ممارسة الطب، وانتقل إلى لندن ليعيش من الأموال التي كان يتلقاها من والده. وعلى هذا المنوال قرر تشارلز أن يتابع السير. المهم ألا يعلم الوالد.

في أول عطلة صيفية، لم يذهب تشارلز إلى البيت إلا نادراً وصرف وقته في زيارة الأقارب والصيد والتنزه، ولكنه لم ينقطع عن الاهتمام بالتاريخ الطبيعي والاستمرار في جمع سائر أنواع الطيور والحشرات. وفي ذلك الصيف قرأ كتاباً بعنوان «التاريخ الطبيعي للطيور» فجعله يخجل من نفسه لأنه تصيد الطيور كهواية رياضية بدلاً من أن تكون لأغراض علمية. وكذلك قرأ قصائد جده وكتبه بما فيها زونوميا (Zoonomia) التي ربما كانت لأول مرة دافعاً له للاهتمام بفكرة التطور.

في السنة الثانية في ادنبرغ تخلى تشارلز نهائياً عن دراسة الطب وركز اهتمامه الجديد على العلوم، فانتسب إلى ناد طلابي يناقش أحدث النظريات والمكتشفات العلمية. وتوافر له هناك عديد من الأصدقاء الجدد بينهم أستاذ يدعى روبرت غرانت، الذي كان بعيداً عن القلب لدى جميع الطلاب. لكن تشارلز أحبه وتقرّب منه فوجد الخيال النشيط المبدع وراء ذلك الوجه النكد. وكثيرًا ما كان الإثنان يتنزهان على شاطئ البحر ويفتشان عن نماذج حيوانية يشرحانها

ويتحريان عما يوجد داخلها. وفي إحدى المرات التفت غرانت فجأة نحو تشارلز وأخذ يحدثه بحماسة عن التطور وشرح بالتفصيل نظريات لامارك المشابهة لآراء جده. وفي مذكراته اعترف تشارلز أن ذلك لم يترك أي انطباع في تفكيره. ولكن أن يتم هذا الاعتراف بعد خمسين سنة، يدل على ترك انطباعات هامة في ذهنه على الأغلب.

رافق تشارلز أيضاً بعض صيادي السمك المحليين في جولاتهم البحرية وبدأ يهتم بالموضوعات الجيولوجية وبكثير من النشاطات الخارجة عن نطاق المدارس.

ذهب مرة للاجتماع بالعالم الطبيعي والفنان المشهور جون جيمس أودي بون، فشرح له كيفية تحنيط الطيور الميتة بأوضاع مشابهة لأوضاعها وهي على قيد الحياة. وشغف تشارلز كثيراً بهذه العملية حتى أنه طلب من رجل يدعى جون أدمنستون أن يعطيه بعض الدروس الخصوصية في التحنيط، وأخذ هذا الرجل يقص على تشارلز أنباء رحلاته الطويلة إلى أميركا الجنوبية وتجواله بين أدغالها مع أشهر المكتشفين آنئذ. وكان تشارلز يستمع إلى هذه الشروح ساعات عديدة. وأصبح الرجلان صديقين حميمين.

والجدير ذكره أن ادمنستون كان عبداً والرجل الأسود الوحيد في كل أنحاء اسكتلندا. وهذه العلاقة تظهر الفكر المتحرر والمنفتح لتشارلز، إذ إن الأكثرية الساحقة من الناس في بريطانيا آنئذ لم تكن لترضى بتكوين صداقة مع رجل أسود.

لم يبذل تشارلز أي مجهود يذكر في السنة الثانية فقرر الانقطاع

عن الدراسة، آملاً إخفاء ذلك عن والده. لكن أخواته فشين السر، فوقع في حرج كبير، ولكي يتجنب المواجهة، عمل جهده كي لا يذهب إلى البيت فبعد أن غادر ادنبرغ في نيسان/ أبريل 1827 جال في اسكتلندا وايرلندا فترة من الزمن ثم زار لندن ومنها قام برحلة إلى باريس لزيارة أولاد خاله الذين يقضون عطلتهم هناك، ومن بينهم كانت إيما ودغود التي قضى إلى جانبها أوقاتاً طويلة فيما مضى، ولكن الآن لاحظ إيما بعين جديدة وأعجب بها شديد الإعجاب.

حان الوقت للذهاب إلى المنزل ومواجهة الوالد وهناك تلقى النبأ السيىء وهو قرار الأب الذي يفرض على تشارلز أن يصبح كاهناً في الكنيسة الإنكليزية وإن كان ذلك يتعارض كثيراً مع شخصية تشارلز، ولكن لا نقاش مع الدكتور روبرت فقراراته هي القضاء والقدر، ولا بد لتشارلز من الموافقة ولو مكرهاً. عليه الآن الدراسة في كلية المسيح في كمبردج مدة ثلاث سنوات، وبعدها يحصل على مكانة مرموقة كقس للمقاطعة وهذا ليس بالأمر البالغ السوء، كما حلله تشارلز، فقس المقاطعة في تلك الأيام يتحمل قليلاً من المسؤوليات ويقضي معظم أوقاته في ممارسة هوايات أخرى. لكن كمبردج، خلافاً لادنبرغ تحتاج إلى مقدرات خاصة وعلى الراغبين في الدراسات اللاهوتية، أن يتقنوا اللاتينية واليونانية وهذا ما ينفر منه تشارلز ويمقته، وقد نسي كل كلمة تعلمها (أو زعم أنه تعلمها) في مدرسة قواعد اللغة، وعليه الإقلاع من البداية.

اتفق روبرت مع مدرس خصوصي لتعليم تشارلز الدروس

الأساسية مرة أخرى واستغرق ذلك عدة أشهر، لكن السأم من الدراسة تبدد بنشوء اهتمام جديد، إذ تعلق تشارلز بفتاة رائعة الجمال ومن طبقة راقية وأخت لصديق له، تدعى فاني أووين (Fanny Owen) أخذ يتردد لزيارتها في البيت الذي تعيش فيه مع والدها ويخرج معها للصيد في البراري.

بعد ثمانية أشهر في مقارعة اللاتينية واليونانية أصبح تشارلز جاهزاً للالتحاق بكمبردج وكان ذلك في كانون الثاني/ يناير من عام 1828 حيث بدأت الدراسة.

لم يهتم تشارلز بالدراسة أو بمصيره كقس منذ اليوم الأول لدخوله الجامعة ولاحظ وجود نمطين من الطلبة في كمبردج:

«فريق المجتهدين» الجاد في الدراسة الذي يكتب له النجاح والتفوق و«فريق العاطلين» المنحدر من العائلات الثرية الذي يصرف وقته في الحفلات والأمور السخيفة، وانضم تشارلز ويا للأسف إلى الفريق الثاني، فصرف وقته في السهر والتسلية وأشار إلى ذلك في مذكراته لاحقاً «كانت السنوات الثلاث التي قضيتها في كمبردج مضيعة للوقت كما كانت الحال في دراساتي السابقة».

ولكن بينما كانت اهتماماته بالأعمال الدراسية تتخامد، فإن اهتمامه بالتاريخ الطبيعي أخذ يتنامى.

اجتاحت إنكلترا في تلك الأثناء «صرعة» غريبة هي هواية جمع الخنافس، فبدا كل فرد «فجأة» كأحد علماء الحشرات الهواة. الناس يتنافسون فيما بينهم لجمع أكبر وأفضل مجموعة من الخنافس

والفراشات والحشرات الميتة ويدفعون أبهظ الأثمان للأنواع النادرة منها.

صدف وجود ابن عم لتشارلز في جامعة كمبردج يدعى وليم داروين فوكس، الذي كان شديد الاهتمام بتلك الموجة الخنفسية وقد دعا تشارلز للانضمام إليه. فلبّى النداء حالاً، وكعادته في توجيه الاهتمام إلى شيء واحد دون سواه، ترك كل شيء وانصرف إلى جمع الخنافس، وفي غضون عدة أسابيع نسي تشارلز كل شيء عدا الخنافس. وعزم على تأمين أكبر وأفضل مجموعة من الخنافس النادرة في البلاد. فمارس الخروج مع وليم كل يوم تقريباً لاصطياد الخنافس والبحث عن الحشرات في جذوع الأشجار القديمة وتحت الصخور وفي كل مكان. لقد أصيب تشارلز بوسواس الخنافس.

ابتعد تشارلز كعادته عن كل متطلبات صفوف دراسته، واهتم بموضوع اختياري يتعلق بعلم النبات، فانتسب إلى صف في هذا العلم تحت إشراف مدرس يدعى جون هنسلو.

أخذ تشارلز يرافق هنسلو في رحلات إلى الحقول لدراسة النباتات والحيوانات حول كمبردج، وعلى الرغم من فرق السن بينهما أصبحا صديقين حميمين، وشرع هنسلو في تعليم تشارلز والاهتمام به أكثر من أي شخص آخر، علمه كيف ينظر إلى العالم بعين علمية فبدأ تشارلز يدرك أن العلم ليس شيئاً مقفلاً عليه في متحف، وإنما هو شيء منتشر بحيث تعثر عليه في سائر نقاط العالم المحيط.

تخرّج تشارلز في كمبردج في سن 22 وكان طويل القامة قوي



شكل(3)
تشارلز داروين

العضلات مفعماً بالطاقة والحيوية، كبير الجبهة معتدل الوسامة، تنضح عيناه ذكاء، لم تظهر عليه السمنة قط خلافاً لوالده وجده. وكان أنيقاً يلبس ثياباً من أحدث الأزياء في عصره (شكل 3).

قبل تخرجه بقليل قرأ كتاباً لمكتشف يدعى الكسندر فون همبولدت يصف فيه تجواله في جزر الكاناري وأميركا الجنوبية.

ولّد ذلك رغبة شديدة له في الذهاب إلى هذه الجزر متتبعاً خطوات همبولدت وعندما هيأ نفسه للتخرج في كمبردج عام 1831، لم يكن في ذهنه إلا شيء واحد هو السفر إلى المناطق الاستوائية. وفي نيسان/ أبريل من ذلك العام كتب تشارلز رسالة إلى فوكس يخبره فيها بأنه متشوق للسفر إلى جزر الكاناري ليرى المشاهد الاستوائية ونباتاتها.

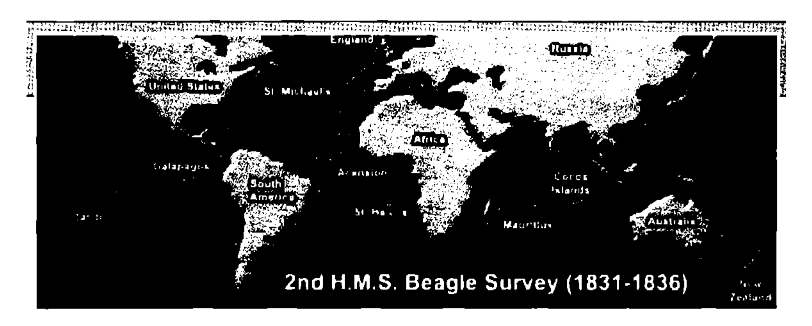
أخذ تشارلز يستعد للرحلة مع أنه ليس لديه أية فكرة للوصول إلى هناك. بدأ يدرس الإسبانية على نفقته الخاصة (لأن جزر الكاناري كانت تابعة لإسبانيا). وفي شهر آب/ أغسطس قرر دراسة حقل تعليمي آخر على يد أستاذ عظيم في كمبردج يدعى آدم سيدجويك الخبير في علم الجيولوجيا. اهتم هذا الأستاذ كثيراً بتشارلز وقضى معه ثلاثة

أسابيع متواصلة يعلمه فيها ميدانياً كيف يصبح عالماً متخصصاً، لكن الوقت المفضل لدى داروين من السنة قد اقترب ففصل الصيد يبدأ في أيلول/ سبتمبر.

في نهاية آب ودع تشارلز المعلم سيدجويك وعاد إلى منزله في شروبري. وعندما وصل إليه في 29 آب/ أغسطس 1831، اكتشف أن رسالة بريدية تنتظره، ولم يدرِ أن هذه الرسالة تحمل ضمنها شيئاً سيغير حياته وتاريخ العالم إلى الأبد.

الفصل الثالث: رحلة البيغل حول العالم

تضمن البريد رسالتين: الأولى من هنسلو والثانية من أستاذ آخر في كمبردج يدعى جورج بيكك وفيهما الموضوع نفسه، وهو أن الحكومة البريطانية طلبت من بيكك ترشيح عالم طبيعي ليقوم برحلة حول العالم على متن سفينة تسمى البيغل (H MS Beagle) وقد استعان بيكك بهنسلو لينصحه في الاختيار فوقع اختياره على تشارلز تلميذه المفضل. والرحلة تستغرق سنتين يجب على داروين أثناءها جمع نماذج علمية أينما ترسو السفينة، والمحطة الأولى في الرحلة هي جزر الكاناري (شكل 4).



شكل (4) رحلة سفينة البيغل

لا يمكن تخيل ردة فعل داروين لهذا النبأ. أصبح الحلم حقيقة واقعة. هرول مسرعاً بأقصى النشاط والإثارة إلى والده ليريه الرسالتين قائلاً: «إني أرغب في الذهاب أكثر من أي شيء في العالم». قرأ الدكتور روبرت الرسالتين بصمت ثم عبس وتجهم وأخذ يناقش الأمر في نفسه «صرفت خمس سنوات ومبلغاً كبيراً من المال لإرسال ولدي إلى المدرسة ليصبح طبيباً أو كاهناً. وهو الآن يريد أن يرمي بكل شيء عرض الحائط كي يذهب في رحلة من الملذات مدة سنتين».

لا، أجاب الدكتور، إني أمنعك من الذهاب، ستحصل على وظيفة كاهن المقاطعة، ركز نفسك وثابر لتكون رجلاً وقوراً أهلاً للمسؤولية والاحترام يكفيك سيراً في مخططاتك العبثية.

وقع كلام الوالد كالصاعقة على تشارلز. إنه بحاجة إلى موافقة والده ودعمه، لأن الرحلة تكلف مبلغاً من المال، وهو لا يملك منه شيئاً. وفي إحدى الأمسيات وبقلب مثقل بالحزن، كتب تشارلز رسالة إلى هنسلو يخبره بشديد الأسف أن لا يمكنه قبول المنحة.

وفي اليوم التالي ذهب تشارلز إلى خاله جوسيا وسرد له ما جرى وقال له بقلب مجروح تصور أيها الخال أن هذه الرحلة هي فرصة عمري كله والدكتور روبرت يمنعني من تحقيقها. وفجأة تذكر شيئاً قاله الأب عندما كان غاضباً: «إذا وجدت أي رجل مرهف الحس ينصحك في الذهاب فأنا موافق» ولا يوجد أحد يكن له روبرت المودة والاحترام أكثر من الخال جوسيا.

طلب الخال من تشارلز أن يسجل له بدقة جميع الأسباب التي من أجلها عارض والده الرحلة. وهذا ما فعله تشارلز بالضبط.

كتب جوسيا رسالة إلى الدكتور روبرت يفنّد فيها كل بند من بنود المعارضة، ويرجوه أن يسمح لتشارلز بالرحلة. وهكذا كان.

1 – الاستعداد للرحلة

السفينة ستبحر بعد شهر تقريباً، وثمة الكثير من الأمور التي يجب أن يقوم بها تشارلز. أولها مقابلة كابتن السفينة روبرت فيتزروي (R. Fitzroy) الذي أخبره هنسلو بأنه من عائلة راقية ومحافظة سياسياً. فهو يؤيد الرق ويعتبر الأرستقراطيين الأثرياء أرقى من غيرهم بصورة طبيعية كما أوصاه بأن يكتم أمامه مشاعره الحقيقية وآراءه السياسية الليبرالية.

تمت المقابلة بين الرجلين في لندن، ومرت بسلام على الرغم من الاختلاف الكبير بين عقليتي الرجلين.

كان فيتزروي في السادسة والعشرين من عمره، أكبر من تشارلز بأربع سنوات وكلاهما شغوف بالأمور العلمية.

اشترى تشارلز جميع الأجهزة العلمية اللازمة المعروفة آنئذٍ: تلسكوب ومواد كيمياوية لحفظ عينات الأحياء وأجهزة للقياس بما في ذلك المسدس (للدفاع عن نفسه أمام العصابات وأفراد القبائل المتوحشة) كما أوصاه فيتزروي.

أرسلت الحكومة سفينة البيغل لتمسح شاطئ أميركا الجنوبية وتتابع رحلتها حول العالم متخذة قياسات دقيقة لخطوط الطول الأرضية كي تجعل الخريطة البحرية البريطانية أكثر دقة وصوابية للإبحار. وكانت هذه السفينة قد قامت برحلة سابقة منذ سنوات ولكنها لم تكملها لأنها أصيبت بأعطال جسيمة، ثم تم ترميمها وإصلاحها من جديد في بلايموث وهو الميناء الذي غادر منه الحجاج إلى أميركا الشمالية قبل 200 عام.

ثمة أنباء سيئة، تأخر إقلاع السفينة أقله مدة شهر وتمديد الرحلة ثلاث سنوات بدلاً من سنتين والأسوأ هو صغر حجم السفينة، وخصصت لتشارلز مساحة صغيرة لينام فيها، ولم تكن غرفة خاصة له بل كان يشاركه فيها رجل آخر. كما يمر بها الرجال ذهاباً وإياباً أثناء النهار. لا شيء من الخصوصية إذن، في هذه السفينة. أيقن تشارلز عندئذ أن الدكتور روبرت كان محقاً في افتراضاته ورفضه ولكن لا تراجع بعد الآن. ثم جاءت الأنباء بالأسوأ، الطقس السيئ يعيق إبحار السفينة فيتأخر موعد السفر مرة بعد أخرى، وظلت راسية مدة شهرين في بلايموث أي حتى كانون الأول/ ديسمبر. كان الشهران في بلايموث أكثر الأوقات مدعاة للبؤس والأسى لتشارلز كما سطر ذلك

في مذكراته، وأثناء هذه الفترة أصيب بمرض نفسي أزعجه طوال حياته وهو وسواس المرض (المراقيّة Hypochondria) حيث يظن المرء أنه سيموت من مرض يستعصي على الشفاء.

2 – بداية الرحلة

أخيراً، أبحرت السفينة في صباح 27 كانون الأول/ ديسمبر حاملة تشارلز وفيتزروي و72 رجلاً آخرين في رحلة لم تستغرق سنتين فقط بل خمس سنوات تقريباً.

شعر داروين بدوار خفيف بعد ساعات قليلة من الإبحار. لم تكن معدته معتادة الحياة في البحر فتعرض لاضطرابات هضمية شديدة واستمر في تقيؤ الطعام مدة أسبوع دون أن يستطيع النوم أو الوقوف فبدأ يشعر بأنه ارتكب غلطة شنيعة.

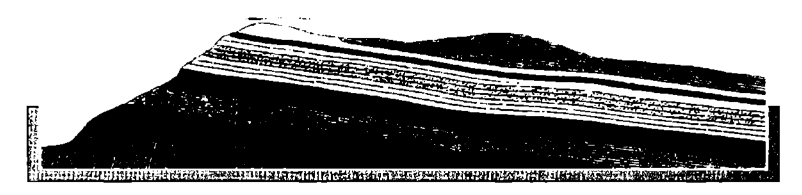
خرج أخيراً، من قوقعته في 6 كانون الثاني/ يناير حيث اقتربت السفينة من تينيريف (Tenerife) الجزيرة الرئيسة في الكناري. أوشك الحلم أن يتحقق، لكن الفرحة لم تدم أكثر من نصف ساعة، إذ تلقت السفينة رسالة من السلطات الإسبانية تعلمها بعدم السماح لأية سفينة إنكليزية بالرسو في الجزيرة، فثمة أنباء عن وجود جائحة لمرض الكوليرا في بريطانيا ولا تقبل هذه السلطات من البحارة الإنكليز أن يحملوا معهم المرض إلى جزر الكناري، وعلى السفينة أن تبقى في البحر بعيدة من الشاطئ أقله مدة (12) يوماً. انزعج فيتزروي وأمر السفينة بالاستمرار في الرحلة دون التوقف في جزر الكناري. وكم

كانت خيبة الأمل كبيرة لدى داروين عندما اختفت الجزر عن الأنظار، وهي السبب الأساس لقبوله الرحلة والآن تضيع الفرصة الوحيدة لرؤيتها.

أبحرت البيغل جنوباً وتوقفت بعد فترة قصيرة في جزر أخرى هي جزر الرأس الأخضر (Cape Verde) قبالة الشاطئ الأفريقي أيضاً. وأخيراً وطئت قدما داروين الشاطئ، ورأى بأم عينيه ما كان يأمله ويحلم به من غرابة وتنوع وعظمة النباتات الاستوائية، أشجار التمر الهندي والموز والنخيل مزدهرة حواليه، جلس على صخور الشاطئ البركانية وأخذ في سماع الألحان العذبة للطيور الغريبة، ورأى الحشرات الجديدة تحط رحالها فوق أزهار غاية في الجمال لتستخرج منها الرحيق المغذي.

كان ذلك لداروين يوماً مجيداً وصفه بمثل الذي يعيد النظر إلى رجل أعمى. لاحظ داروين أيضاً على ارتفاع (14) متراً فوق سطح البحر طبقات بيضاء شريطية الشكل تتخلل الصخور وتطوّق الجزيرة (شكل 5).

شكل(5)
الطبقات الصخرية حول جزيرة
في الرأس الأخضر



وعندما اقترب منها ودقق، وجد أنها تحتوي على قواقع متحجرة (أصداف) وأن الطبقات الصخرية التي توجد تحتها وفوقها عبارة عن حمم بركانية متصلبة. وهنا تساءل داروين كيف أمكن لهذه الأصداف الوصول إلى هذا البعد فوق سطح البحر؟ كان فيتزروي قد أعطى داروين قبل المغادرة كتاباً حديث الطبع اسمه «مبادئ علم الأرض (جيولوجيا)» للجيولوجي الشهير، تشارلز ليل (Charles Lyell) وفي هذا الكتاب الذي يعتبر واحداً من أهم كتب القرن التاسع عشر، اقترح ليل أن عمر الأرض يصل إلى عدة ملايين من السنين وأنها اتخذت شكلها نتيجة عمليات جيولوجية بطيئة أدت في النهاية إلى صفيحة الأرض الحالية التي نراها الآن. وما إن فرغ داروين من قراءة هذا الكتاب حتى شاهد الطبقة البيضاء الصخرية المطوقة للجزيرة فتبادر إلى ذهنه السؤال: هل ليل محق في نظريته؟ فتكون الأصداف قد وجدت في البدء على الشاطئ، ثم انصبت فوقها طبقة من الحمم البركانية الحارة فانصبغت باللون الأبيض وتصلبت، وبمرور الزمن تسببت اندفاعات البركان نفسها بنهوض الشاطئ ببطء شديد حتى ارتفع فوق سطح البحر وشكل الجزيرة.

أغلبية الناس قبل ليل كانوا يظنون أن الأرض لا تتبدل، فشكلها الآن كما كان في البدء. وكانت هنالك نظرية أخرى «الطوفانية» تنص أن الأرض تبدلت بالفعل ولكن سريعاً وبعنف وعلى مدى ستة آلاف سنة تتوافق مع قصة التوراة.

لم يصرف داروين الوقت الكافي على الجزر الخضراء ولكنه

توافر له التذوق الأول للمنطقة الاستوائية والمحاكمات العلمية الدقيقة الأولى.

تابعت البيغل سيرها عبر الأطلسي نحو البرازيل وكانت تتوقف من حين إلى آخر لصيد سمك القرش كطعام لطاقمها.

3 – أميركا الجنوبية

وصلت السفينة إلى باهيا في البرازيل (السلفادور الآن) في شباط/ فبراير 1832. لم يصدق داروين ما رأته عيناه من أدغال البرازيل العجيبة، فردوس علماء الطبيعة. وقد كتب في ذلك قائلاً: «كل شيء هنا يثير الدهشة والبهجة، فإذا حاولت العين تتبع طيران فراشة استوقفها الجمال الغريب لشجرة أو ثمرة، وإذا أراد أن يشاهد حشرة أنساه إياها جمال الزهرة التي تحط عليها. إن الابتهاج تعبير ضعيف عن الشعور الذي يتمالك عالِماً طبيعياً يجول لأول مرة في غابات البرازيل».

عاد داروين حالاً إلى هوايته المفضلة، فشرع في جمع الخنافس والتقاط الحشرات الأخرى والطيور والعظايات. وأكثر ما سرّه أن تكون مهنته الآن كعالم طبيعي يجمع النماذج من الكائنات الحية، الهواية التي كان والده يعتبرها مضيعة للوقت وخالية من أية فائدة. لم يعد لديه الشعور بالذنب تجاه هذا العمل الذي أصبح مهنة تعترف بها الحكومة البريطانية.

في أدغال البرازيل حقق داروين ما كان يصبو إليه ليقضي به بقية حياته كلها. وكان محظوظاً عندما وصل إلى البرازيل في فترة

احتفالاتها بالكرنفال وهي أكبر احتفالات في العالم. ولكن شيئاً آخر عطل صفو مزاجه، هو معاملة الأفراد السود هناك، حيث يؤتى بالعبيد الأفارقة ويزجون في الموانئ والحقول ويعاملون كالقطعان دون أن يدفع لهم أي شيء من الأجور. إن آلامهم وعذابهم ومعاملتهم السيئة اللاإنسانية أدخلت الحزن والأسى في نفسه. ولما عاد إلى السفينة أخبر الكابتن فيتزروي كم هو يكره الرق والعبودية وأنه يرغب في تحرير جميع العبيد في العالم. لكن فيتزروي كان له رأي مختلف، فقال لداروين إن الأفارقة السود هم على حال من العيش في أميركا الجنوبية أفضل مما هم عليه في أفريقيا، وأنا أقول لك الواقع، لأنني زرت مرة مزرعة لأحد الملاكين واستدعى صاحبها جميع العبيد الذين يعملون عنده وسألهم هل تودون أن تصبحوا أحراراً، فأجاب الجميع «لا». إننا سعداء كعبيد هنا أكثر مما كنا أحراراً في بلادنا. أجاب داروين متهكماً ماذا كنت تتوقع منهم أن يجيبوا أمام معلمهم بـ«نعم»؟ هل يستطيعون القول نعم نريد الحرية، ولا يكون مصيرهم الضرب بالسياط والتقييد بالسلاسل؟

لم يجسر أحد قبل داروين على مناقشة الكابتن، فآراؤه غير قابلة للجدل وأحكامه مبرمة لا ترد وهو في حالة دائمة من العصبية والانفعال؛ فلما سمع الآراء الداروينية التحررية المناهضة لأفكاره المحافظة، طرد داروين من المكان المخصص للطعام وأمره ألا يتكلم معه مرة ثانية أبداً، وأضاف: لقد حان الوقت لأن تعود إلى الوطن.

ظن داروين أن مغامرته قد انتهت، لكن الكابتن سرعان ما عاد

إلى الهدوء وطلب من داروين أن ينسى الذي حدث. قرر داروين بعد ذلك ألا يتكلم عن العبودية أو الأمور السياسية أمام فيتزروي، واتخذ من ذلك قاعدة عامة له. فحتى بعد أن أصبح من العلماء فهو لا يرغب في إزعاجهم والإساءة إلى أفكارهم ومعتقداتهم الخاصة.

انتقلت السفينة من باهيا إلى ريودي جينيرو (Rio de Janeiro) وهنا تلقى داروين رسالة من أخته تعلمه بأن فاني قد تزوجت. أحزنه النبأ، ضاع حلمه في الزواج منها بعد العودة، ومنذ ذلك اليوم صمم على العيش من أجل العلم وحسب.

في مدينة ريودي جينيرو دعا أحد المالكين داروين ليزور مزرعته فقبل الدعوة وذهب معه. وجد في المزرعة عدداً من العبيد يعملون فيها. أما المالك فدخل على الفور مع العبد المشرف على العمل في جدال حاد حول تنفيذ بعض الأمور، وهدده بأنه سيبيع جميع نساء العبيد في مزرعته إلى مزارع أخرى وفي ذلك تحطيم لجميع أسرهم.

عاد داروين إلى الريو حزيناً متألماً من معاملة الأوروبيين المالكين للعبيد في البرازيل، دون أن يلمح إلى ذلك لفيتزروي، واقتنع بصوابية الأفكار التي كان يحملها والده وجده في معارضة الاستعباد.

عادت السفينة إلى باهيا لإجراء المزيد من القياسات العلمية وبقي داروين في الريو منتظراً عودتها. استأجر كوخاً على الشاطئ، وأخذ في التجوال، وهنا بدأت حياته كعالم طبيعي بصورة جدية، إذ بقي مدة شهرين يتوغل يومياً في الغابات الاستوائية الدائمة الخضرة ليجمع العينات، وفي يوم واحد فقط جمع من أنواع الخنافس أكثر مما

وجده خلال سنة كاملة في إنكلترا. كما نمت لديه هواية جديدة هي جمع العناكب التي توجد منها أنواع غريبة في المناطق الاستوائية. ولم ينقطع عن صيد الطيور ولكن الآن، لأغراض علمية، وليس للتريّض واللهو.

تابعت السفينة سيرها نحو الجنوب ووصلت إلى نهر بلاتا الذي يفصل بيونس ايرس في الأرجنتين عن مونتيفيديو في الأوروغواي، أصبح الطقس وصفحة الأرض مختلفين كثيراً، فدخلت الرحلة في طور جديد من الأحوال الجوية.

قضت البيغل عامين في التجوال معرّجة ذهاباً وإياباً على الشاطئ الأرجنتيني، فمهمة فيتزروي كانت إجراء قياسات غاية في الدقة لكل معالم هذه المنطقة، كي تساعد الحكومة البريطانية على وضع الخرائط الدقيقة لها. فلم يتوقف فيتزروي عن إعادة القياسات والتدقيق في صحتها ولو اقتضى الأمر أن يجري ذلك في العواصف الثلجية عدة أشهر.

بينما كانت البيغل تمسح الشاطئ الأرجنتيني اكتشف داروين مستحاثة (أحفورة أو متحجرة) في منطقة تدعى بونتا التا، ثم وجد قربها عدداً كبيراً من المتحجرات ومن بينها بقايا عظام لحيوانات ضخمة كالفيل لم تعد موجودة في أميركا الجنوبية، وربما تعود إلى حيوانات منقرضة! جمع المتحجرات بعناية كي يعود بها في السفينة إلى هنسلو. من بين المتحجرات هيكل لحيوان ضخم يدعى البهضم (البهيمة الضخمة) (Megatherium) وآخر لحيوان منقرض يدعى

المدرع (Armadillo) الذي كان بحجم الكركدن (Rhinoceros) وآخر لحيوان قاضم كبير كالفيل.

أثارت هذه المكتشفات التساؤل والتفكير لدى داروين حول تغير الأنواع عبر الزمن. هل الحيوان المسمى الكسلان (Sloth) الحديث والمدرع في أميركا الجنوبية لهما صلة من القربى بتلك الحيوانات المنقرضة؟ في ذلك الوقت كان أغلب العلماء يعتقدون أن كل نوع مستقل عن النوع الآخر، وأن الحيوانات المنقرضة ماتت فجأة وحلت محلها أنماط جديدة من الحيوانات لكن داروين لم يقتنع بتلك الفكرة وراح يفكر في اتجاه آخر. ألا يمكن الظن بأن الحيوانات الضخمة القديمة أخذ حجمها يتناقص ببطء تدريجي وخلال فترة طويلة من الزمن حتى بلغت الحجم الذي تبدو عليه الآن؟ جالت هذه الفكرة في خاطره كثيراً، لكن أمامه أشياء أخرى عليه إنجازها أولاً، وترك موضوع البت في ذلك إلى حين عودته.

مع أن البيغل قضت مدة سنتين في الشاطئ الشرقي لأميركا الجنوبية إلا أن داروين لم يوجد على ظهرها أكثر من ثلث هذه المدة. كان فيتزروي يوصله إلى منطقة في البر ليعود إلى أخذه فيما بعد، ما يسمح لداروين بمزيد من الاكتشافات دون التعرض لدوار البحر. وبعد فترة شعر داروين أنه بحاجة إلى من يساعده في عمله المتزايد، فلجأ إلى عازف الكمان في السفينة ليكون مساعده العلمي. دربه على الصيد والتحنيط وطريقة حفظ العينات في القوارير الزجاجية... وهكذا أمكن مضاعفة الإنتاج. أما البيغل فقد امتلأت بالحيوانات والمتحجرات

والحشرات في الجرار والعلب وبراميل الأسماك والطيور المحنطة وعلب الصخور والغازات وكان يتم إرسال ما يمكن إلى إنكلترا كلما سنحت الفرصة. ولكن سرعان ما تعود السفينة إلى الامتلاء.

تعرف داروين في الأرجنتين إلى رعاة البقر هناك. وكان يخرج معهم إلى المروج الفسيحة ويتعلم منهم طريقة العيش في هذه البيئة الغريبة فأخذ يتصيد الريا (نعامة أميركا الجنوبية) ويأكل الطعام المحلي ويغني الأغاني الإسبانية مع هؤلاء المتمردين، هكذا نما التلميذ المفسد بالدلال وتحول إلى رحالة عالمي.

تلقى داروين أخيراً، بعد سنة من الصمت رسالة من هنسلو يخبره فيها بوصول جميع المواد التي شحنها في السفينة إلى إنكلترا، وأنه أخذ يعرضها على أشهر العلماء هناك، فدهشوا بتلك المتحجرات وأخذوا يتحدثون عن داروين كواحد من أبرز العلماء الإنكليز.

في آب/ أغسطس 1834 قصد داروين جبال الآندس لاكتشاف جيولوجيتها، وهي سلسلة جبلية هائلة تمتد على طول الساحل الغربي لأميركا الجنوبية. عثر على مستحاثات لأصداف بحرية على ارتفاع آلاف الأقدام عن سطح البحر، ما أكد نظرية لييل (Lyell)، بأن السلاسل الجبلية تنهض من قاع البحر بحركة بطيئة وبتأثير قوى جيولوجية مستمرة.

4 - جزر غالاباغوس (Galapagos)

كُتب الكثير عن زيارة داروين جزر غالاباغوس. وعندما يُذكر هذا

الاسم يتبادر إلى ذهن الكثيرين بأنها المكان الذي اكتشف فيه داروين التطور؛ والواقع إن هذه الجزر لم تكن كمحطة هامة في الرحلة، نسبة إلى بيغل وإلى داروين الذي رغب في زيارتها على بعد يقارب (600) ميل من شاطئ الإيكوادور، من أجل التعرف إلى بنيتها الجيولوجية، لا إلى الحياة البرية فيها. ولم يتأكد داروين من أهمية هذه الزيارة إلا بعد عودته إلى إنكلترا وفي مرحلة متأخرة. وكان انطباعه الأول عن الجزر بأنها ليست سيئة جداً، فالشمس تضربها باستمرار، وصخور الحمم البركانية السوداء شديدة السخونة يصعب المشي عليها، وباستثناء عدد قليل من الزواحف والطيور، يصعب جداً مشاهدة أي نوع من الحيوانات الأخرى. ثمة عدد قليل من الحشرات ولا أثر للحيوانات اللبونة.

قضى داروين عدة أيام في جمع ما أمكن من العينات، ولكنه في الحقيقة لم يبذل جهداً كبيراً كما فعل في الجولات السابقة. وغاب عن ذهنه تحديد العينة بحسب الجزيرة الموجودة فيها. تلك كانت خطيئة طائشة أسف فيما بعد على ارتكابها.

جيولوجية الجزر غريبة فعلاً. اكتشف داروين فيها حقولاً من البراكين الصغيرة الخامدة، كانت في الماضي مصدراً للحمم التي بردت وأصبحت صلدة كالحديد بمرور الزمن. ولكن ما الذي جعل جزر غالاباغوس على هذه الدرجة من الأهمية في تفكير داروين بعد عودته إلى الوطن؟ يعود ذلك إلى أمرين: التشابه والاختلاف.

أ - التشابه، لاحظ داروين أن الطيور في غالاباغوس مشابهة

تماماً للطيور في أراضي أميركا الجنوبية على بعد (600) ميل، فمن المنطقي الظن بوجود قرابة بين الجماعتين. ذلك بأن بعض الطيور انتقلت بطريقة ما، من أميركا الجنوبية إل هذه الجزر وألّفت مستعمرات جديدة فيها، والعملية نفسها تحدث في سائر الأوقات لدى جميع الحيوانات على الأرض.

ب - الاختلاف، اكتشف داروين فيما بعد وجود بعض الاختلافات البسيطة بين طيور الجزر وأقربائها من طيور أميركا الجنوبية، والأهم من ذلك وجود بعض الفروق بين طيور كل جزيرة مع طيور الجزر الأخرى، بعضها صغير المناقير يصلح لالتقاط البذور الدقيقة الموجودة في إحدى الجزر، وبعضها ذات مناقير طويلة ضيقة تتمكن من ولوج الثقوب الصغيرة، في جزيرة أخرى. فماذا يعني ذلك؟ النظرية الشائعة آنذاك هي أن كل نوع خلق مستقلاً عن الآخر منذ بدء الكون. لكن داروين تساءل أليس من المنطقي أكثر، أن مجموعة من الطيور هاجرت من أميركا الجنوبية إلى جزر غالاباغوس منذ زمن طويل، وأن طيور كل جزيرة تكيفت بعد عدة أجيال للعيش في نظامها البيئي الخاص؟ أي إنها نشأت من السلف نفسه ثم تطورت لتتخذ هذه الأشكال المختلفة، وفي النهاية لتصبح أنواعاً مستقلة بعضها عن بعض؟ فالأنظمة البيئية القليلة الاختلاف لكل جزيرة (حجوم مختلفة للبذور) أرغمت كل جماعة على التكيف بأشكال مختلفة (أشكال مختلفة للمناقير). وبما أن جزر غالاباغوس معزولة بعضها عن بعض،

فهي تمثل نوعاً من الوسائل المخبرية المسؤولة عن هذا التنويع (تشعب النوع الواحد إلى عدة أنواع نتيجة الانعزال).

وإذا كان هذا المبدأ صحيحاً بالنسبة إلى طيور غالاباغوس، فهو كما اعتقد داروين صحيح لكل نوع من الحيوانات في كل نظام بيئي في العالم، وأن كل الأنواع التي نراها اليوم تطورت من نوع واحد قديم. ولم تخلق مستقلة بعضها عن بعض منذ نشوئها.

5 – العودة إلى الوطن

مع أن السنة الأخيرة من الرحلة كانت بمعظمها حول الكرة الأرضية، بما فيها من أمكنة غريبة فإن داروين، لم يهتم بذلك كثيراً، مثل بقية الطاقم. إنه يريد العودة إلى الوطن فحسب. في 20 تشرين الأول/ أكتوبر من عام 1835 أعلن فيتزروي الإبحار عبر المحيط الهادئ في طريقه إلى الوطن. وبعد ثلاثة أسابيع حطت السفينة في تاهيتي مدة قصيرة ومنها إلى نيوزيلندا. وفي الطريق شاهد داروين الشعاب المرجانية، التي لم يستطع أحد آنئذ وضع نظرية مقنعة في كيفية تشكلها. افترض داروين أن حيوانات صُغْرية قامت بذلك ببطء لتكون هذه الأرضية غطاءً واقياً لها. إن هذه الحيوانات لا تعيش إلا في المياه الدافئة قليلة العمق. وفي بعض الأحيان تمتد بعيداً لتصل إلى قاع المحيط العميق وأحياناً تحيط الأرصفة بجزيرة أو أنها تنمو على شكل دائرة بدون جزيرة في وسطها وهو ما يسمى الجزيرة المرجانية (Atoll). وكان الجيولوجي ليبل قد وضع نظرية قبلها معظم الباحثين،

وهي أن الشعاب نمت حول حواف فوهة بركانية وجدت تحت الماء، ما يفسر شكلها الدائري ولكن داروين شعر بخطأ هذه النظرية، فإذا كان نهوض الجزيرة قد تم في جبال الآندس وعلى أحد طرفيه في المحيط الهادئ (الباسفيكي)، فيجب أن يقابله انخفاض في الطرف الآخر على الغالب. وقد توقع داروين أن الشعاب المرجانية بدأت تنمو في المياه قليلة العمق حول محيط إحدى الجزر، وبعد آلاف من السنين أخذت الجزيرة في الغوص والشعاب في الارتفاع محافظة على طبقاتها العلوية التي تحتوي على المرجان الحي تحت سطح الماء الدافئ مباشرة. أما القسم الميت المتصلب من المرجان فيبقى في الطبقات السفلية. وفي بعض الأحيان تغوص الجزيرة برمتها لتغيب عن النظر، لكن الشعاب المرجانية تستمر في النمو لتدرك موقعها على سطح الماء. وهذا يفسر وجود الجزر المرجانية في الجنوب من المحيط الباسفيكي والشعاب الممتدة بعيداً إلى القاع العميق من المحيط.

قامت البيغل، من نيوزيلندا، برحلة قصيرة إلى سدني في استراليا وغادرتها بعد عدة محطات فيها ثم وصلت إلى جزر الكوكوس (Cocos) في المحيط الهندي بتاريخ (1) نيسان/ أبريل 1836، وهذه الجزر كانت ملأى بالشعاب المرجانية التي لا ينمو عليها سوى نبات جوز الهند. أخذ داروين عينات من المرجان ولاحظ المتعضيات المرجانية الحية بواسطة المجهر، ولم يتمكن من حل لغز طبيعة المرجان هل هو حيوان أم نبات؟ ولكن بفضل ملاحظاته الدقيقة وقياسات فيتزروي للشعاب المرجانية الممتدة عميقاً آلاف الأقدام،

اقتنع داروين بصحة نظريته حول طريقة نمو المرجان على الجزر الغائصة.

عاد فيتزروي إلى البرازيل مرة أخرى ليؤكد قياساته لخطوط الطول وبعد إقامة قصيرة اتجهت البيغل إلى إنكلترا، وفي ليلة عاصفة من (2) أكتوبر/ تشرين الأول 1836 ظهر شاطئ إنكلترا من خلال الغيوم وذلك بعد (4) سنوات و(9) أشهر وأيام قليلة.

هكذا جال داروين حول الكرة الأرضية، وشاهد مناظر غريبة خلابة لم تتوافر رؤيتها لغيره، لكن التربة الباردة الرطبة لموطنه كانت في نظره أحلى وأجمل من كل بقاع العالم.

الفصل الرابع: البحث عن الأسباب

لم يتوافر لداروين وقت للراحة بعد مغامرة البيغل، عليه القيام بأعمال كثيرة. وثمة أسئلة علمية عديدة بقيت دون إجابات، وقد صرح لاحقاً أن السنتين التاليتين لرحلته كانتا حافلتين بالعمل أكثر من جميع السنوات في حياته. توصل بصعوبة إلى أن عليه أن يبدأ، فبعد لقاء أفراد عائلته في شروبري توجه إلى كمبردج حيث بقي مع هنسلو، وهناك واجهته مشكلة العينات التي أرسلها خلال رحلته وآلاف العينات المكدسة على ظهر السفينة بانتظار من يفرغها. إنها بحاجة إلى التصنيف والدراسة والفهرسة، ويصعب على داروين وحده إنجاز كل ذلك. رتب الأمر مع هنسلو وكلف عدداً من الخبراء في كل حقل ليقوم بقسط من العمل، منهم ريتشارد أووين (Owen)

عالم التشريح الحيواني المشهور وعالم الطيور المعتبر جون غولد (Gould) وآخرون، وقد أنجزت العملية بعد بذل كثير من الجهد والتعب، واستغرق ذلك أكثر من عام. وفي العام التالي بدأ بكتابة مجلد عن اكتشافاته في ميدان التاريخ الطبيعي بناء على طلب من فيتزروي سماه «رحلة البيغل».

1. لغز عصافير الحسّون

ظن داروين أنه أتى بأنواع مختلفة فيما بينها من الطيور نظراً إلى اختلاف مناقيرها. لكن عالم الطيور غولد أخبره أن مجموعات منها تعود إلى عصافير الحسون (Finches) المرتبطة بنوع آخر من أميركا الجنوبية. وهذه العصافير، ألهمت داروين ليركز بدقة أكبر على ما سماه تحول الأنواع (Transmutation) وهو التغير البطيء لنوع كي يصبح نوعاً آخر، وهذا ندعوه الآن التطور (Evolution)، (لم تكن هذه الكلمة تستعمل إلا نادراً في ذلك الوقت). ولم يستعملها داروين قط في الطبعة الأولى من كتابه «أصل الأنواع». وبعد لقائه غولد أمعن في التفكير والتأمل مدة طويلة حتى توصل إلى الاقتناع بأن سرباً من عصافير الحسون قذفته عاصفة من أراضي أميركا الجنوبية إلى جزر غالاباغوس منذ مدة طويلة، وأن بعض العصافير حط في جزيرة وبعضها في جزيرة أخرى، وأن كل جزيرة تميزت بنوع من البذور النباتية الموجودة عليها. ومع مضي الوقت فإن كل مجموعة من العصافير عبر الأجيال المتتالية، ونتيجة انعزالها بعضها عن بعض في

الجزر غير المتصلة، اكتسبت تدريجاً وببطء أشكالاً متفاوتة من المناقير مناسبة للبذور المتوافرة على كل جزيرة. لقد أقنعته عصافير الحسون بأن هذا التحول لا بد أنه قد حدث ولكنه لم يصل إلى تفسير أسباب تغير المناقير لتوافق البيئة الموجودة فيها.

تعزّز شعور داروين بعدما صرح العالم الشهير أووين بأن متحجرات داروين في الحقيقة، تعود إلى حيوانات عملاقة مشابهة لحيوانات أصغر لا تزال تعيش في أميركا الجنوبية، كالأرمدللو واللاما والكسلان وبعض القواضم. ولا نشاهد مثل تلك الحيوانات الضخمة على قيد الحياة في أية بقعة من العالم. فمن الواضح أنها انقرضت بأسرها، فكيف تم ذلك منطقياً؟

يبدو واضحاً، كما افترض داروين، أن أنسال الأرمدللو العملاقة سارت في اتجاه الحجم الأصغر فالأصغر بمرور الأحقاب حتى أصبحت آخر الأمر مشابهة للأرمدللو الحديث. وبتعبير أوضح، إن المتحجرات كانت أسلاف الحيوانات التي نراها اليوم.

لكن هذه الفكرة التي يمكن قبولها الآن، اعتبرت آنئذ نوعاً من التجديف والكفر تقريباً. ففي عام 1837 اعتقد معظم البريطانيين بصحة محتوى العهد القديم حرفياً والذي يشير إلى خلق جميع الحيوانات دفعة واحدة ولا حاجة إلى القول بأي شيء آخر.

كان ثمة قلة من المفكرين الذين اقترحوا ما فكر فيه داروين تماماً، ولكنهم اعتبروا من المتطرفين الراديكاليين أو الثوريين. وقد كره داروين الجدل مع الآخرين، ولم يكن يرغب في التسبب بإزعاج

أي إنسان. ولكنه لم ينكر وجود الدليل والبرهان الباديين أمام عينيه تماماً. وهكذا بدلاً من أن يُطلع أي أحد على أفكاره، بدأ عام 1837 سرياً بتسجيل ملاحظاته وقناعاته يومياً في مفكرته.

عرف داروين جيداً أن أفكاره لا تنسجم مع الشعور الديني للشعب، ولكنه رأى أنه لا يجب النظر إلى الكتاب المقدس ككتاب مدرسي علمي. إن السنوات الثلاث التي قضاها في المدرسة اللاهوتية جعلت منه طالباً مؤمناً بالكتاب المقدس وإن لم يكن الطالب الأفضل. وفي عامي 1837 و1838 تحقق أن المعرفة العلمية الجديدة لا بد أن تكون على صدام مباشر مع حرفية تعاليم هذا الكتاب، أي مع الفكرة القائلة بأن كل كلمة من الكتاب هي صحيحة. وهكذا تخلى تدريجاً عن اعتقاده بأن الكتاب المقدس وثيقة تاريخية أو علمية. فهو في رأيه كتاب هام في الحكمة والتعاليم المناقبية الرائعة. وشعر بأنه يجب أن يوضع جانباً عند معالجة الأمور العلمية.

في العام 1839 اطلع داروين على مقالة لتوماس مالتوس عن مبادئ السكان، ناقش فيها مالتوس مشكلة التزايد السكاني العالمي، وأشار أيضاً إلى الحقيقة بأن كل أم من الحيوانات تلد من الأولاد خلال حياتها عدداً أكبر من قدرتها على العيش، ولو أنها عاشت كلها لتغطّي سطح الأرض كله بالحيوانات. ففي عالم الطبيعة القاسي يموت أغلب صغار الحيوانات بطريقة أو بأخرى قبل بلوغها مرحلة النضج. أوحت هذه الآراء لداروين الاعتقاد بأن أفراد الحيوانات التي تبقى على قيد الحياة يجب أن تكون مجهزة أفضل بأعضاء أكثر ملاءمة للعيش. فالنمر

الذي يتصيد قطيعاً من الغزلان يمسك بالأفراد الأبطأ جرياً، أما الأفراد الأسرع فإنها تجري بعيداً وتنجو لتعيش مدة كافية لإنجاب صغار على شاكلتها تتوارث السيقان الأفضل جرياً من سيقان آبائها. وهذا يفسر كيفية تطور الغزلان للجري السريع، لأن الغزلان البطيئة نادراً ما تعيش مدة كافية لتكون لها أنسال بطيئة الجري.

هذا هو المفتاح الذي كان داروين يبحث عنه. لقد اقتنع سابقاً بأن تحول الأنواع حدث فعلاً، والآن وبفضل أفكار مالتوس، ولأول مرة يمكنه أن يشرح كيف حدث. فإذا توافر الوقت الكافي فإن التغيرات الزهيدة تنمو وتنمو حتى ينبثق نوع جديد من نوع أقدم.

أعجب داروين بمربي الحيوانات، فهم يزاوجون بين الخيول الأقوى، والكلاب الأسرع، والهررة الأكثر إلفة في كل جيل. إنهم ينتخبون الحيوانات ذات الصفات المرغوب فيها للتزاوج، فيحصلون تدريجاً على أفراد أقوى وأسرع وأكثر إلفة. ويستمر المربون في تكرار عملية التزاوج هذه، حتى يحصلوا على أنواع جديدة من الخيول والكلاب والحيوانات الأخرى. وهذا يدعى الاصطفاء الصنعي؛ وقد رأى داروين أن الآلية التي اقترحها من أجل التحول مطابقة لذلك تماماً، ولكن دون تدخل الإنسان، بل إن الطبيعة هي التي قامت بالاصطفاء فأطلق على ذلك مفهومه الجديد الاصطفاء الطبيعي.

تابع داروين عمله في تأليف كتبه حول علم الحيوان وعلم الجيولوجيا، وفي كانون الثاني/ يناير عام 1839 عقد قرانه على نسيبته إيما وكانت غرفته صغيرة جداً لا تتسع للاثنين فانتقلا إلى بيت أكبر في

لندن. وفي هذه الأثناء انتخب داروين عضواً ذا مقام رفيع في الجمعية الجيولوجية وكل شيء أصبح على أحسن ما يرام.

ولأسباب مجهولة أخذت صحة داروين تسوء في الوقت الذي بدأ كل شيء يسير بشكل أفضل في حياته.

وضعت إيما ابنهما الأول وليام في كانون الأول/ ديسمبر 1839 واهتمت بتربيته، فيما تابع داروين كتابة أبحاثه الجيولوجية فأصبحت شديدة الضخامة فقسمها إلى عدة مجلدات، أولها كان حول الشعاب المرجانية والمبني على الأفكار التي كوّنها خلال رحلته.

2. الطريق إلى أصل الأنواع

قضى داروين ثمانية أعوام في دراسة أحد النماذج التي جمعها في رحلته وهي لحيوان قشري يسمى البرنقيل (Barnacle) دون أن يصل إلى نتيجة، وقد اعتبرها مدة ضائعة من حياته. ثم عكف على تصنيف الملاحظات التي دونها عن نظرية الأنواع في مفكرته السرية، فلا رجوع عن ذلك بعد الآن. لا يزال لديه بعض المسائل التي تتطلب الحل، وعلى الخصوص واحدة منها كانت تقلقه منذ سنين، فهو يسلم بإمكانية تطور الحيوانات عند تغير بيئاتها، فالغنم مثلاً الذي كان يعيش في العصر الجليدي، يمكن القبول بأن أفراده ذات الصوف السميك قاومت برودة الشتاء واستمرت في العيش عندما أصبحت البيئة أكثر برودة، أما الأفراد قصيرة الشعر فماتت من البرد، وكلما زادت برودة البيئة زادت سماكة الكساء الصوفي بطريقة الاصطفاء.

لكن سجل الأحافير يبين تطور بعض الحيوانات في اتجاهات مختلفة على الرغم من عدم تغير بيئتها، فكيف يحدث ذلك؟ لم يتوصل إلى الإجابة حتى نهاية عام 1854، حيث رأى داروين أن المنظومة البيئية (Ecosystem) تتضمن أكثر من عُشّة أو مجال بيئي (Niche). لنتصور أن نوعاً من القردة هاجر إلى إحدى الغابات، وأن نمطين من الثمار ينموان في هذه الغابة، نمط لين رقيق الغلاف ينمو في ذرى الأغصان العلوية النحيفة فقط، ونمط قاس سميك الغلاف يسقط على الأرض، يصعب تمزيقه أو فتحه أو مضغه. لا شك أن الشكل المتوسط الحجم من القردة، كبير وثقيل لدرجة يصعب معها الوصول إلى الثمار في أعالي الأشجار، وأسنانه ليست قوية إلى الحد الكافي لتمزيق أو فتح الثمار الموجودة على الأرض. لكن ثمة قلة من الأفراد الأصغر حجماً وأكثر رشاقة يمكنها الوصول إلى الثمار النامية في قمم الأشجار. وهنالك قلة أخرى من الأفراد ذات الفكوك الأقوى والأسنان الأكبر، قادرة على مضغ الثمار القاسية ولو بكمية ضئيلة. وبمرور الوقت فإن الأفراد المتوسطة ستموت جوعاً لعدم قدرتها على بلوغ أعالي الأشجار لأكل الثمار اللينة ولا تستطيع أكل الثمار الأرضية الصلبة القاسية. أما الأفراد الصغيرة فتتوصل إلى القمم وتحصل على الثمار النامية عليها فيكتب لها العيش وإنجاب الصغار المشابهة لآبائها، وتتابع تطورها في هذا الاتجاه لتصبح أصغر حجماً وأكثر رشاقة. كما أن الأفراد ذات الفكوك القوية والأسنان الكبيرة فتتمكن من أكل الثمار الأرضية القاسية وتبقى أيضاً على قيد الحياة

لتعطي أنسالاً مشابهة لها. وهي تتطور بمرور الوقت إلى نوع مختلف عن النمط الأصغر والنمط المتوسط الأصلي. هكذا يتعرض النوع المتوسط الذي هاجر أصلاً إلى الغابة للانقراض.

على هذه الصورة رأى داروين أن التطور يمكن أن يسير في اتجاهات عديدة ومختلفة حتى في نظام بيئي واحد لم يتعرض للتغير، وأطلق داروين على هذا المفهوم اسم مبدأ التباعد (divergence).

يشعر الآن داروين بالثقة بأن نظريته، بعد اكتمالها، ستصمد أمام أسئلة زملائه، فضلاً عن أن سمعته تحسنت جداً بحيث لا يمكن لأحد اتهامه كهاوٍ للعلم.

في العام 1855 انخرط في كتابة الجزء الأخير من نظريته، فتعمّق في تجاربه أكثر فأكثر ليسترد ويستجمع أفكاره. وأول ما أراد التحقق منه هو، هل يمكن للبذور النباتية أن تصل إلى الجزر المعزولة طافية على سطح الماء، أو محمولة عَرَضياً على الطيور؟ ونجحت تجاربه وأكدت حدوث ذلك.

كما أنه شرع في تربية الحمام ليظهر أن الاصطفاء الصنعي يؤدي فعلاً إلى أنماط تبدو مختلفة تماماً عن أسلافها.

أزاح داروين الستار عن نظريته وعرضها على أصدقائه المقربين مثل هوكر وهنسلو. فبدت لهم مثيرة للاهتمام، ولكنهم أرادوا الاطلاع على كل البراهين والأدلة قبل اقتناعهم بها. وفي عام 1856 كشف عن تفاصيل النظرية لصديقه ليل الذي لم ترقه فكرة التحول قط فيما سبق. أما الآن فقد أعجب بها لدرجة أنه توسل إلى داروين كي يكتب مقاله

حول الموضوع بأسرع ما يمكن، قبل أن يسرق فكرته المتألقة أي إنسان.

لم يبق أي عذر لداروين الآن، فعمل بقية 1856 وعام 1857 ليلاً ونهاراً لإخراج كتاب كبير باسم «الاصطفاء الطبيعي». وكعادة داروين سرعان ما خرج المشروع عن السيطرة، فكلما كتب فصلاً رأى أنه بحاجة إلى كتابة فصلين لشرح الفصل الأول وشعر أنه مشروع بدون نهاية.

الصدمة

في الأعوام القليلة السابقة تواصل داروين مع عالم طبيعي شاب لامع يدعى ألفرد والس (Wallace) كان في مهمة إلى الهند الشرقية (وهي الآن جزء من أندونيسيا)، من أجل شراء نماذج من الحيوانات النادرة لعلماء إنكلترا ومنهم داروين. وفي 18 حزيران/ يونيو تسلم داروين طرده البريدي الأخير من والده، وجد ضمنه مقالة كتبها والس وطلب من داروين أن يبدي رأيه فيها، وعنوان المقالة «ميل الضروب (Varieties) الحية للافتراق بصورة غير متناهية عن النمط الأصلي». صعق داروين من هول الصدمة. لقد توصل والس إلى النظرية نفسها التحول، الاصطفاء الطبيعي، التباعد، وبطريقة أكثر دقة ووضوحاً. شعر داروين أن عالمه بأسره قد تحطم في لحظة واحدة، بعد عشرين عاماً من التردد أتته الضربة القاضية من مبتدئ شاب موجود في إحدى الغابات النائية.

ذكر والس كيف أتته الفكرة عندما كان طريح الفراش في المنطقة الاستوائية «في أحد الأيام تذكرت مبادئ مالتوس في السكان، الذي كنت اطلعت عليها منذ (12) سنة. وفكرت في استعراضه الواضح لزيادة السكان والمرضى والحوادث الطارئة والحروب والجوع، وإذا كانت الحيوانات تخضع لمثل هذه العوامل باستمرار، فتساءلت لماذا بعضها يموت وبعضها يبقى حياً؟ وفجأة ومض في ذهني بأن هذه العملية الذاتية يجب أن تكون ضرورية لتحسين السلالة. لأنه، في كل جيل، يقتل الضعيف السيئ ويبقى القوي الجيد، وهكذا يبقى الأنسب على قيد الحياة». لقد توصل والس تماماً إلى الاستنتاجات الداروينية نفسها، والإثنان تأثرا وأُعجبا بمبادئ مالتوس.

ما كان على داروين أن يفاجأ إطلاقاً. إذ إن والس كان قد لمّح في رسائل سابقة أن لديه فكرة جديدة. كما أنه نشر مقالة منذ ثلاث سنوات باسم «حول القانون الذي ينظم المدخل إلى النوع الجديد». وفيها بعض المناقشات حول التحول الذي بدا مشابهاً لآراء داروين.

التسوية

نظر داروين بأسى إلى كومة الأوراق نصف المنتهية. ماذا عليه أن يفعل الآن؟ أيذهب كل عمله في مهب الريح؟ العلماء يجدّون دائماً ليكونوا أول من ينشر فكرة أو نظرية جديدة، ولكي تنال الأسبقية عليك أن تبرهن بأنك اخترعت النظرية كلها بذاتك من دون مشاركة أحد، وبعد أن قرأ داروين مقالة والس، لا يمكنه الادعاء بصوغ النظرية

منفرداً. فإذا عزم على إنهاء وطبع كتابه الآن، يمكن أن يظن الناس بأنه نسخ الفكرة من والس. وقد اعتاد داروين أن يكون فوق هذه الشبهات. والعالم الشريف الحقيقي لا يشغل نفسه بالأمور الشائعة كالتفاخر بما يقدم من أفكار جديدة. وهذا جعله شديد الخجل من نفسه حيث كتب: «من التعاسة أن أهتم مطلقاً بالأفضلية».

أرسل داروين مقالة والس إلى لييل وطلب منه النصح.

تشاور لييل مع هوكر وقررا الاتفاق على تسوية شريفة، يتم بموجبها عرض كتابات كل من والس وداروين على أشهر جمعية علمية في إنكلترا آنئذ وهي جمعية ليني (Linnean Society) وبذلك يحصل العالمان الطبيعيان معاً على حقهما في الوقت نفسه.

قرأ لييل وهوكر كتابات الاثنين معاً أمام الجمعية في (1) تموز/ يوليو 1858. بغياب كل من داروين المريض آنئذ ووالس الذي لا يزال مسافراً. وبعد الانتهاء من القراءة تعرف كل إنسان إلى نظرية تحول الأنواع بالاصطفاء الطبيعي.

ما زال والس يجهل كل شيء عما حدث، وكان القلق يساور داروين حيال هذا التصرف، يمكن أن ينزعج والس عندما يكتشف بأنهم طبعوا مقالته بدون إذن منه. لكن والس بعد عودته امتلأ بالفرح والسرور، وفي كانون الثاني/ يناير 1859 كتب رسالة إلى داروين يخبره بشعوره بالسعادة لطبع مقالته. فلم يكن من العلماء النخبة في لندن ولولا داروين ولييل لما أمكن لمقالته أن تطبع على الإطلاق، وامتلأ قلبه فرحاً لاقتران اسمه إلى الأبد باسم رجل عظيم مثل داروين. ولو

كان الأمر قد جرى لعالمين غيرهما، ربما دبّت الغيرة والنزاع بينهما. لكن داروين ووالس احتفظا بصداقتهما وبالاحترام المتبادل بينهما طوال حياتهما.

عبر والس في مقالته عن النظرية نفسها التي جاء بها داروين، ولكنها كانت قصيرة جداً ولم تتضمن أية حقائق أو أدلة لدعمها.

أما داروين فقد أراد أن يكون كتابه أوسع وأشمل وحافلاً بالأدلة. لذا أخذ يكتب ويكتب بأسرع ما يمكنه مؤكداً أي مظهر من مظاهر الاصطفاء الطبيعي وعارضاً أكثر ما يستطيع من الوقائع وبأقصر طريقة ممكنة.

في أيار/ مايو 1859 أنهى داروين عمله وتحولت الصفحات الثلاثون التي كتبها في البدء إلى 500 صفحة وطبعت بمجلد واحد، (كتاب واحد).

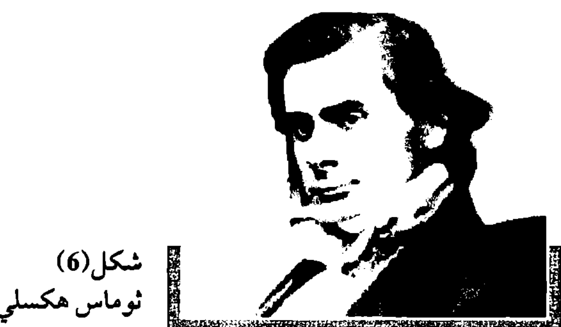
كان داروين متخوفاً من الانتقادات اللاذعة التي قد يتلقاها حول الكتاب، أو من أن يتسبب الكتاب بإزعاج ولو عدد قليل من الناس. ولم تكن لديه أية فكرة عن أنه سيخلق عاصفة نارية من الهستيريا التي ستحيط العالم بأسره وتبدل إلى الأبد نظرة النوع البشري إلى الكون.

طبع الكتاب في 24 تشرين الثاني/ نوفمبر باسم «حول نشوء الأنواع بالاصطفاء الطبيعي - أو بقاء السلالات الأنسب في تنازع البقاء». وكان عدد النسخ المطبوعة 1250 تلقفها الباعة المتشوقون مباشرة، فتوالت الطبعات حتى بلغت الست. امتلأ داروين بالنشوة والاعتزاز، إذ كان يتوقع الإخفاق والفشل للكتاب. ولم يكترث

كثيراً للمبيعات بل لرأي كل واحد في نظريته؛ ومن أوائل الذين أبدوا آراءهم، صديقه ثوماس هكسلي، أستاذ في العلوم وعالم طبيعي خبير في لندن، منفتح الذهن في نظرته إلى التطور، ولكن شخصيته كانت معاكسة تماماً لشخصية داروين، فبينما كان داروين يتصف بالخجل والتردد والسلبية كان هكسلي جسوراً مقداماً لا يعرف الخوف. كتب إلى داروين بعد قراءة الكتاب:

«لم يترك أي عمل حول التاريخ الطبيعي، الانطباع العظيم الذي أثاره في نفسي وأظن أنك أوضحت السبب الحقيقي لنشوء الأنواع». ولم يقف عند هذا الحد بل تابع مصرحاً: «لقد هيأت نفسي للدعم والدفاع والرد على كل الانتقادات وإني سأجنبك الدخول في مشاحنات مع المعترضين وأحول دون إقحامك في أية مشكلة قد تتعرض لها. اطمئن فإني حاد المخالب قاطع المنقار مستعد لأي هجوم» (الشكل 6).

كان هذا أكثر مما يحلم به داروين من توافر شخص يدافع عنه أمام الجمهور ويجنّبه النقاش الذي كان يرعبه.



شكل(6)
ثوماس هكسلي

أخذ داروين في تلقي الرسائل من أصدقائه واحداً بعد الآخر، هوكر أحب الكتاب بالطبع، لييل كان ممتلئاً بالفخر مع أنه لا يزال يرى وجوب عمل شيء إضافي حول الاصطفاء الطبيعي. أرسموس قال أظن أنه أهم كتاب قرأته في حياتي.

المعركة

لم يحظَ الكتاب بقبول الجميع فالمعترضون كُثُر. العالم الجيولوجي سيدجويك، الذي كان قد درّس داروين ليصبح جيولوجيا، امتلأ بالغضب والغيظ لأنه كان يعتبر التطور طريقاً إلى الدينونة وعذاب جهنم وقال: «لقد قرأت أجزاء من الكتاب، ومع الأسف الشديد أظن أنها زائفة كلياً». وتوالت الهجومات دون تأخير. فالكابتن فيتزروي الذي ما زال من المسيحيين المحافظين، عبر عن كرهه للكتاب وأسف لأنه اصطحب معه داروين في البيغل. شعر داروين بالحزن الشديد بعد قراءة رسالتيهما، وفضلاً عن ذلك فقد كتبا في الصحف مقالات هاجما فيها الكتاب.

رسمت خطوط المعركة بسرعة. رحب بالكتاب معظم المثقفين الإنكليز ذوي الأفكار الحرة واعتبروه خرقاً عميقاً في جسم العلوم.

لكن الأساتذة المحافظين ورؤساء الكنائس والطبقة الأرستقراطية عموماً تهافتوا لإدانته. وفي كل مرة كانت تظهر مقالة معارضة في الصحف، كان واحد من مؤيدي داروين يرد بمقالة لامعة للتصدي.

وفي نيسان/ أبريل 1860 كتب العالم الشهير ريتشارد أووين

(العالم الذي فحص أحافير داروين) مقالة مدمرة حول الكتاب، تضايق منها داروين كثيراً لأنه كان يظن أن أووين لا يزال صديقاً له.

والواقع أنه كان للكتاب طريقة غريبة في إرغام كل شخص على اتخاذ موقف منه. فالأفكار التي انبثقت من صفحاته كانت على قدر من الأهمية يصعب تجاهلها، إما أن تحب الكتاب وإما تكرهه. في الأشهر الستة الأولى اقتصر النقاش على الطبقات المثقفة. ولكن في 30 حزيران/ يونيو 1860 وصل النزاع إلى نقطة الغليان، حيث عقد في أوكسفورد اجتماع المؤسسة البريطانية لتقدم العلوم وهو المؤتمر الأكثر أهمية في السنة. توافد إليه آلاف الناس من محررين وسياسيين. وكان داروين كالعادة مريضاً وهو ببساطة لا يستطيع المجابهة وناب عنه هكسلي ذو المخالب الحادة.

وقف الأسقف سام ولبرفورس وهو اكليريكي رفيع المقام، يُعتبر المحاور المخيف الأشهر في إنكلترا، وقف ليصدر حكمه على الكتاب. بدأ كلامه مهيّجاً الجمهور معلناً أن ما جاء في الكتاب أفكار غير معقولة وهي تجديف بحق الخالق وهذا يعدّ إهانة للعلم والدين معاً، صرخ المستمعون معبرين عن الرضى والاستحسان، فلا أحد يجيد الكلام مثل ولبرفورس. وقبل أن يجلس التفت إلى هكسلي وسأله «هل تُقرّ بأنك من نسل القردة عبر جدك أو جدتك؟». انفجرت القاعة بالضحك لهذه الإهانة الذكية.

لقد استخف الأسقف كثيراً بخصمه، فبعد الرد السريع على كل انتقادات ولبرفورس، التفت هكسلي إلى الأسقف قائلاً: «لو أنني

خُيّرت بين أن أكون حفيداً لقرد تعيس أو أن أكون رجلاً حَبَته الطبيعة قدرات رفيعة وهو يمتلك وسائل عظيمة وتأثيراً كبيراً، ومع ذلك فإنه يستخدم هذه القدرات وهذا التأثير لمجرد هدف وحيد هو إدخال الاستهزاء إلى مثل هذا الحوار العلمي الوقور، إني أؤكد بدون تردد تفضيلي للقرد».

انقلب السحر على الساحر وعلت أصوات التأييد والإعجاب بالرد الذكي.

أشعل الاجتماع حريقاً هائلاً بين الجماهير. أخذت الصحف والمجلات تتبارى في نشر الأنباء عن النقاش وكل يبدي رأيه، مع التطور أو عليه. لقد بذل داروين جهده كي يتحاشى أي ذكر للنوع البشري أو القردة في كتابه، أما الآن فقد فات الأوان. وضع كل من هكسلي وولبرفورس في مركز الأحداث، هل كان البشر فعلاً مجرد قردة جميلة الشكل عظيمة القدر؟

لخصت إحدى السيدات الأرستقراطيات مشاعر النخبة الاجتماعية البريطانية عندما صرحت «هل نحن منحدرون من القردة؟ دعونا نأمل يا أعزائي عدم صحة ذلك، وإذا كان الأمر صحيحاً فدعونا نرجو ألا يصبح معروفاً بشكل عام».

أصبحت «نظرية القرد» الداروينية، الحديث الشاغل لأهل المدينة، وعرضت المجلات صوراً لرأس داروين وقد وُضع فوق جسم قرد، وأي شيء يثير العواطف ويهز المشاعر أملاً في بيع عدد أكبر من النسخ.

اختبأ داروين في بيته وأخذ يكتب عشرات الرسائل كل أسبوع محاولاً شرح نفسه وإيضاحها أمام الذين يريدون الاستماع، ولكنه لم يقو على مواجهة الجمهور، بل أوكل ذلك إلى زملائه هكسلي ولييل وهوكر وغراي، الذين عملوا بلا كلال لنشر الداروينية في إنكلترا وحول العالم بأسره.

أما هكسلي فقد أطلق عليه الناس اسم «الكلب الأمين لداروين» بسبب دفاعه الصلب عن التطور في كل نقاش يجري. والواقع أن هكسلي ولييل لم يوافقا على كل شيء في «أصل الأنواع»، إذ لهما أفكارهما الخاصة، ولم ينقادا وراء داروين بصورة عمياء فثمة تفاصيل يجب تصويبها ونقاط يجب إيضاحها. لم يكن كتاب داروين سوى نقطة البدء. أدرك هكسلي أكثر من أي شخص آخر أن التطور أكبر من رجل واحد وكتاب واحد، إنه فرع جديد في العلوم.

ما زال داروين شديد الحساسية، كان خائفاً من أن يتسبب الجدل حول أصل الأنواع بتصدع وانقسام المجتمع وكان يصغي كثيراً إلى الانتقادات الموجهة إليه.

وحالما باشر الطبعة الثانية أخذ يجري بعض التغييرات في الكتاب. وشيئاً فشيئاً أضعف حججه بحيث أزاح عنه غضب الناس وعندما صدرت الطبعة السادسة من الكتاب بدل فيها كثيراً من الكلمات والتعابير ما جعله يناقض نفسه. كان عليه التحلي بثقة أكبر.

يتفق العلماء الآن على اعتبار الطبعة الأولى هي الأفضل.

الفصل الخامس: الفكرة التي غيّرت العالم

على الرغم من أن كلمتي «داروين» و«التطور» مألوفتان لدى الجميع تقريباً، لكن العدد القليل يدرك الآلية التي تطرحها نظرية داروين في التطور أي عبر الاصطفاء الطبيعي. وسنحاول إعطاء فكرة عنها الآن بتعابير يستطيع فهمها معظم الناس. ولكن قبل ذلك يجب الإلمام بالمفاهيم المفتاحية التالية (التغاير، قابلية التوريث، عمر الأرض، البيئات المتغيرة)، ثم نعود إلى شرح عملية الاصطفاء الطبيعي، (ألمحنا إليها سابقاً ولا ضرر من التكرار).

1. التغاير أو الاختلافات الفردية (Variation)

لا يوجد تطابق تام بين أي فردين من النوع نفسه؛ إنك لترى الاختلاف واضحاً بين الأخوة، وتلاحظ أن أفراد العائلة الواحدة على درجات متفاوتة من حيث الطول والحجم والشكل والذكاء وسرعة الجري والجسارة واللطافة. فلكل فرد مجموعة متفردة من الجينات الموروثة عن أبويه. هذه الفروق بين أفراد النوع الواحد تدعى التغاير.

لم تكتشف الأسباب البيولوجية للتغاير حتى القرن العشرين؛ بعد داروين بمدة طويلة. وليس من الضروري أن نكون خبراء في علم الوراثة لنعرف أن التغاير يشاهد في جميع الأوقات، فمن السهل جداً ملاحظة الفروق بين الأفراد بالعين المجردة.

2. قابلية التوريث (Heritability)

من الملاحظ أن الأبناء يميلون إلى إظهار صفات مشابهة للآباء. ومع أنه يستحيل أن يشكل أي فرد نسخة عن أبيه أو أمه، إلا أن سمات التشابه بين الآباء والأبناء تبدو بدرجات متفاوتة، فإذا كان للوالد ذراعان وساقان وعينان ورأس وعشر أصابع وفم ودماغ فسيكون للابن هذه الصفات نفسها. والأمر ينطبق على الحيوانات أيضاً. فكل نوع يتوارث صفاته المميزة عبر الأجيال. قد يبدو هذا واضحاً وبديهياً، ولكنه مظهر هام من مظاهر التطور، وهذا يسمى «قابلية التوريث» وكما هي الحال فيما يتعلق بالتغاير، فإن السبب البيولوجي الحقيقي للتوريث لم يكتشف إلا بعد موت داروين، ومع ذلك فإن مربي الحيوانات والمزارعين والناس عموماً يعرفون أن توريث الصفات هو واحد من المعالم الهامة لجميع الأنواع.

3. تزايد السكان

في عالم الطبيعة تنتج الحيوانات والنباتات أنسالاً أكثر بكثير من طاقتها على البقاء. لنضرب مثلاً على ذلك تصور وجود ذكر وأنثى بالغين من الأرانب. تلد الأنثى بالمتوسط (4) صغار، خمس مرات في السنة أي بمعدل عشرين أرنباً، نصفها من الإناث (10) تنضج بعد ستة أشهر وبعد عام آخر سنكون أمام (200) أرنب نصفها من الإناث وفي السنة التالية سيصبح عدد الإناث (1000) وبعد ذلك (10000) وهلم

جراً. وبعد حوالى (12) سنة فقط سيصل العدد إلى حوالى ألف مليار أرنب، وبعد مدة كافية سيصبح العالم كله مغطى بالأرانب.

إن الميل إلى ازدحام السكان ينطبق تقريباً على كل الأنواع، الضفادع والأسماك والماعز والنحل والحمام ومليون نوع من الحيوانات الأخرى. يسمى هذا الميل إلى التناسل، «الخصب المفرط». ولو قدر العيش لكل مولود من الحيوانات لامتلأ كل سم2 من كوكبنا. ومن الواضح أن ذلك لا يتم، فما هو السبب يا ترى؟

4. عمر الأرض

لم يعرف أحد عمر الأرض في أيام داروين. البعض كان يقدره بـ (6000) عام فقط، وآخرون بـ (30000) أو (100000) لكن الاكتشافات الجيولوجية والأحفورية خلال القرن التاسع عشر أشارت إلى أن هذا الكوكب أقدم من ذلك بكثير. وقد أدرك داروين أن التطور استغرق زمناً طويلاً، ولذلك اهتم كثيراً ليثبت أن الأرض تكونت منذ أمد طويل. ولم يتمكن العلماء من تقدير العمر الدقيق للأرض حتى القرن العشرين، مستخدمين تقنيات متطورة للغاية. ونحن نعلم الآن أن عمر الأرض هو حوالى (4.5) مليارات سنة، وهذا أكبر بمئات المرات مما كان يظن في زمن داروين وأكثر مما يكفي لحدوث التطور.

5. البيئات المتغيرة

الطقس ثابت سنوياً في زمننا الحاضر، لكنه كان في الأحقاب

الغابرة على درجة كبيرة من التغير والتقلب، ما أدى إلى بيئات شديدة الاختلاف. فقد تكون الصحراء الحالية مرجاً مغطى بالنباتات في حقبة سابقة. وقد تكون الجزيرة في الوقت الحاضر قاعاً مغموراً بالمياه منذ زمن طويل كما هي الحال في جزيرة هاواي. وفي العصور الجليدية كان قسم كبير من أوروبا وأميركا الشمالية مغطى بالجليد. شهد إذن، تاريخ الأرض تبدلات كبيرة في المناخ، تقدماً في اتجاه ما وتراجعاً في الاتجاه المعاكس، وهذا يحدث حالياً أيضاً، فكوكبنا يزداد احتراراً كل سنة، ويتوقع العلماء أن الطقس سيتبدل كلياً في أنحاء العالم بعد مئة عام.

رأى داروين أن لتغير البيئات الشأن الهام في نظريته، ففي كل مرة ينزاح فيها المناخ في بيئة ما، يترتب على متعضياتها التلاؤم مع هذا التغير كي تبقى وتستمر دون التعرض للانقراض.

6. التطور عبر الاصطفاء الطبيعي بحسب نظرية داروين

قضى داروين أعواماً وهو يفكر في التغايرات وقابلية التوريث وتزايد السكان والبيئات المتغيرة وعمر الأرض محاولاً بذلك معرفة أصل الأنواع الحيوانية، وأخيراً، أشرقت في ذهنه بوادر الحل لهذا اللغز مفنداً ذلك على الشكل التالي: «كل نوع من الحيوانات ينتج أنسالاً أكثر من طاقته على الاستمرار في العيش، ومعظم الصغار يموت قبل الوصول إلى مرحلة البلوغ، فإذا كان العالم لا يمتلئ بالحيوانات منذ أمد بعيد فلماذا تموت هذه الأفراد؟ بعضها تأكله الضواري والبعض

يموت جوعاً والآخر بسبب المرض وقسم يصل إلى مرحلة النضج ولا يجد قريناً للتزاوج فيحرم من الإنسال وقليل ينجح في النمو والنضج والتناسل. ولكن ما هو سبب موت بعض الأفراد وبقاء أفراد أخرى، ما هي الخصوصية اللازمة للبقاء؟ هل هي الحظ فقط، فلا يبقى سوى المحظوظ؟ رأى داروين أن السبب يعود إلى التغايرات بين أفراد النوع الواحد، فهي ليست كلها متشابهة تماماً. فالأفراد ذات المقومات التي تساعدها على تجنب الضواري وتحصل على الغذاء وتنجح أكثر في إيجاد القرين، تميل إلى العيش والبقاء مدة أطول من الأفراد المجردة من هذه الصفات، وإن الحيوانات ذات التكيف الأفضل مع البيئة تبقى مدة كافية لنموها، أما الضعيفة أو البطيئة الحركة أو الغبية فينال منها الموت قبل غيرها. أطلق داروين على ذلك اسم الاصطفاء الطبيعي. ويفضل الناس غالباً استعمال تعبير بقاء الأنسب. تصل الحيوانات القليلة الباقية إلى مرحلة النضج وتتناسل وتورث صفاتها إلى الأبناء، أما ذات التغايرات الضارة (غير الملائمة للبيئة) فتموت، وتبقى ذات التغايرات المفيدة (الملائمة للبيئة). سمى داروين ذلك:

التحدُّر المتعدّل (Descent with modification)

ولكن ماذا يحدث إذا تغيرت البيئة؟ لا تعود الصفات الملائمة للبيئة السابقة صالحة للبيئة الجديدة. وبمرور الأجيال فإن الحيوانات ذات التغايرات الجيدة والمتلائمة مع البيئة الجديدة. تعيش وتبقى

وتورث صفاتها إلى أبنائها. وكلما زاد تبدل البيئة تحتم على النوع التغير والتطور كي يبقى ويستمر.

أدرك داروين أن مرور الزمن الطويل والكافي يسمح بتوافر تراكمات من التبدلات في صفات أفراد النوع الواحد فتجعل منه نوعاً جديداً، يختلف عن النوع الأصلي الذي انحدر منه. ودعا ذلك التحول بفضل الاصطفاء الطبيعي.

فما يلزم لتحول النوع إلى آخر هو الوقت الكافي لعدد هائل من الأجيال الحيوانية التي تتحول شيئاً فشيئاً لملاءمة شروط البيئات المتغيرة، وقد رأى داروين نتيجة تحرياته الخاصة أن الأرض على درجة كافية من القدم تسمح للتطور بتعليل وجود كل كائن حي، وأن جميع الناس والحيوانات وحتى النباتات على صلة بعضها ببعض. ففي الزمن الماضي البعيد ظهرت متعضيات مجهرية البنية أولاً، وإن جميع أشكال الحياة على الأرض انحدرت من تلك المخلوقات الدقيقة.

وفيما يلي عرض موجز ملخص لنظرية داروين في حفنة قليلة من الأسطر:

1 - كل زمرة أو جماعة من المتعضيات تتمتع باختلافات عديدة بين أفرادها، فأفراد الجماعة الواحدة غير متطابقتين.

2 - تنتقل الاختلافات باستمرار من الآباء إلى الأبناء وراثياً.

3 - تقود الكثرة المفرطة الطبيعية للأنسال إلى عملية تنازع على البقاء في كل جماعة.

4 - يميل الأفراد ذوو الفروق المساعدة على البقاء والتكاثر

إلى العيش مدة أطول وإنتاج العديد من الأنسال أكثر من الأفراد ذوي المقومات الأقل فائدة.

5 - تورث الأنسال الباقية، التغايرات المفيدة، وتتكرر العملية في كل جيل جديد حتى تصبح هذه التغايرات معالم عامة في الجماعة.

6 - مع تغير البيئات، تتكيف المتعضيات ضمن بيئاتها وتتلاءم مع الظروف الجديدة.

7 - بمرور الوقت الكافي يُراكِم كل نوع من الحيوانات مقداراً كبيراً من التغيرات التي تجعل منه نوعاً جديداً مشابهاً للنوع الأصلي ويتميز عنه.

8 - جميع الأنواع على الأرض سلكت هذه الطريقة، ولهذا فإنها مرتبطة بعضها ببعض بصلة القربى.

هل تكفي معرفة كل ذلك لنفهم نظرية التطور؟ ثمة الكثير من الأمور بحاجة إلى الشرح إضافة إلى ما عرضناه سابقاً.

الفصل السادس - أسئلة حول التطور

فيما يلي بعض التساؤلات التي تخطر ببال الكثيرين ممن يودون فهم التطور.

1 - هل يغير التطور بالفعل شكل الحيوان؟ وهل يمكن مشاهدة ذلك؟

إنه لأمر مثير أن نشاهد التطور بأنفسنا، ولكن ذلك ليس بالأمر الشائع المألوف، فالتطور ليس كفيلم سينمائي خرافي تشاهد فيه

مخلوقاً كالهر يبرز منه فجأة رأس كرأس الإنسان. فلا يبدي النوع تغيراً في الشكل إلا إذا توافر الوقت الكافي. التغير يحدث تدريجاً في الجماعة وليس في الفرد الواحد، فكل نبات أو حيوان أو إنسان يحافظ على صفاته خلال حياته كلها. الجماعات هي التي تتطور وليس الأفراد، ولا يمكنك أبداً أن ترى سمكة، تنمو لها أرجل فتمارس المشي. التطور لا يسلك هذه الطريق. ما يقوم به التطور هو التحكم في النسبة المئوية لأفراد الجماعة الذين يملكون صفة أو مظهراً معيناً، وسيأتي شرح ذلك تفصيلاً.

ومع ذلك أمكن حديثاً مشاهدة الاصطفاء الطبيعي في أمثلة عديدة سنعرضها لاحقاً.

2 - هل يحدث التطور باستمرار لكل نوع؟

يمكن الظن بناء على وصف التطور أن الاصطفاء الطبيعي دائم التأثير من أجل إحداث التبدلات في النوع، لكن الاصطفاء الطبيعي في الواقع، وفي أغلب الأحيان، يحول دون حدوث التطور. إن أغلب التغايرات والمعالم الجديدة التي يمكن أن تبرز في المتعضيات تكون عديمة الفائدة ومعوقة. لأن التطور حدث منذ زمن بعيد، وكل نوع تكيف سابقاً مع بيئته على الشكل الأنسب. وأي تبدل في صفات النوع يلحق به الضرر. الاصطفاء الطبيعي يحذف التغايرات قليلة التلاؤم مع بيئتها. وهو عادة يؤدي إلى تبدلات تطورية، فقط إذا تغيرت بيئة النوع وظروفه الحيوية. وفي كثير من الحالات يصعب تطور الحيوانات والنباتات التي تعيش في بيئة مستقرة ثابتة، فالحيوان القشري المسمى

ملك السراطين أو حدوة الحصان (Horse shoe) مثال مشهور. ينتشر هذا الحيوان كثيراً على الشواطئ البحرية في العالم، وقد عثر علماء الأحافير على بقايا له عمرها (200) مليون سنة، وهي تماثل السرطان الحالي تماماً. لم يتطور هذا الحيوان خلال هذه المدة الطويلة لأن بيئته حافظت على ثباتها ولم تتبدل.

3 – هل التطور يعني التقدم؟

يحق لنا الآن الاعتقاد أن التاريخ يسير قدماً نحو الأمام بصورة دائمة، وأن الحياة تسير نحو الأفضل يوماً بعد يوم. وأن التطور يجري على هذا المنوال، فالحياة على الأرض بدأت كمتعضية صغيرة مجهرية وتقدمت صعداً بفضل تبدلات تطورية لتصبح هذه المخلوقات المعقدة المتفوقة المعروفة بالنوع البشري. ولكن داروين أوضح أن التطور لا يؤمن دائماً التقدم نحو أشكال أكثر تعقيداً وأكبر حجماً. فعدد كبير من الأنواع الحيوانية كان أكبر مما هو عليه الآن. وهذا تطور تراجعي قاد إلى حيوانات أصغر. وقد لا يتخذ التطور منحى تقدمياً أو تراجعياً أحياناً بل ينحرف جانبياً. مثال ذلك حشرة العث الفلفلية التي بدلت لونها دون أن تصبح أكثر أو أقل تقدماً (شكل 51). الأنواع تتكيف كي تتلاءم مع بيئاتها فحسب وهذا لا يعني أنها ستصبح أفضل.

4 – هل الحيوانات والنباتات كاملة التصميم فعلاً؟

جدلية وليم بالي

في عام 1802 نشر الراهب وليم بالي (William Paley) جدليته

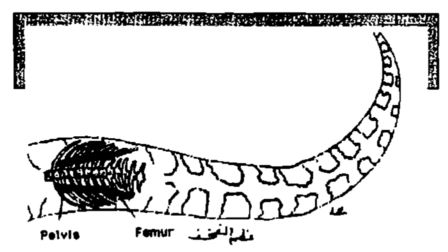
الشهيرة على الشكل التالي «إذا رأيت حجراً ملقى على الأرض وسُئلت من أين أتى هذا الحجر؟ يمكنك أن تجيب ربما كان هنا منذ الأزل، أما إذا وجدت ساعة مكان الحجر وسئلت السؤال نفسه، عليك أن تنتظر وتفكر أن الساعة أداة معقدة التركيب دقيقة الصنع، لا يمكن أن تظهر عشوائياً على الأرض أو أن تتجمع أجزاؤها تلقائياً من مواد طبيعية بصورة سحرية، لا بد من وجود مصمم وصانع لها وهو الساعاتي. كذلك الأمر عندما ننظر إلى الحيوانات، إنها أكثر تعقيداً من الساعة بكثير، فالأجنحة والأوعية الدموية والدماغ والعضلات والخلايا والعظام، جميعها تعمل معاً بتناسق وتناغم كامل. ويبدو أنه من المستحيل أن يتحقق كل ذلك صدفة وعشوائياً وبدون أي تخطيط. فإذا كان وجود الساعة يتطلب وجود المصمم كما قال بالي، فإن شيئاً أكثر تعقيداً من الساعة - بنية أي حيوان - يستدعي وجود مصمم لذلك، «التصميم يحتاج إلى مصمم» هذا المصمم يجب أن يكون أحداً وهذا الأحد هو الله. وبتعبير آخر، إن أي شيء عشوائي السلوك عديم الذكاء مجرد من الهدف كالطبيعة لا يمكنه أبداً أن يخلق شيئاً معقداً متناسقاً مترابطاً «كاملاً»، كالجسم الحي، وخصوصاً جسم الإنسان. كانت محاكمة ومناقشة بالي لهذا الموضوع مقنعة للعديد من الناس فلا يبدو أنه يمكن للتطور (القوى الطبيعية العمياء) أن يقود إلى هذه الأشكال الشديدة التعقيد من الأحياء المحيطة بنا.

هكذا كانت الحال عندما شق داروين طريقه إلى النور عام 1809، غير أن الجدل حول التطور كان مستمراً، لكن الذين يعتقدون بالخلق

المستقل أو الخلق الخاص وبالساعاتي السماوي الذي عبّر عنه بالي، كانت لهم اليد الطولى والرأي المسيطر. لأنه لم يقدم أحد بعد شرحاً وتفسيراً مقنعاً لكيفية حدوث التطور.

نلاحظ أن جدلية بالي تقوم عل مسلمة أساسية وهي أن جميع الحيوانات كاملة الصورة وصممت عمداً كالساعة ليكون لها جميع الأجزاء الصحيحة في الأمكنة المناسبة. لكن داروين وغيره من العلماء الطبيعيين اكتشفوا أن ذلك أمر بعيد عن الحقيقة، فكثير من الحيوانات له أعضاء ضامرة، وهي أجزاء من الجسم غير وظيفية، لا يستعملها الحيوان ولا يستفيد منها، فأنواع عديدة من الأفاعي لها عظام رِجْلية، مع أنها عديمة الأرجل. فما الغاية من وجود مثل هذه العظام بدون وجود الأرجل؟ (شكل 7). يفسر ذلك التطوريون بأن الأفاعي انحدرت من زواحف أولية مجهزة بالأرجل التي أخذت بالاختفاء تدريجاً خلال تبدلات النوع للتكيف مع البيئة. اختفت الأرجل الخارجية وبقيت عظامها اللاوظيفية مختبئة جانبياً داخل أجسام الأفاعي.

ولو أن كل نوع من الحيوانات خلق كاملاً فلماذا لا يكون لجميع الحيوانات الرؤية الحادة والسمع الدقيق والأرجل القوية والسريعة والأدمغة الكبيرة والأسنان الحادة...؟ العديد منها لا يحقق ذلك لأن كل نوع ليس إلا حصيلة مزيج من التكيفات. فالحيوانات لم «تصمم» لتكون كاملة إنما هي مجرد تراكمات من التغيرات التطورية، لم يعد لبعضها أية فائدة.



(الشكل7)
عظام الأرجل الضامرة في الأفعى

الفصل السابع: الاصطفاء الطبيعي عن كثب

يتم الاصطفاء الطبيعي بعدة طرائق مختلفة، فقد طورت الحيوانات استراتيجيات لا حصر لها من أجل إيجاد الغذاء وتجنب الضواري (الحيوانات المفترسة) وجذب الجنس الآخر والعيش في سائر أشكال الظروف والأوضاع الخطرة. كل صفة تسمح للحيوان بالبقاء والتكاثر، «تُنتخب» بالاصطفاء الطبيعي، لأن الحيوانات التي تحظى بمثل هذه الصفة تورّثها إلى أنسالها. وفيما يلي بعض التكيفات المدهشة التي طورتها أنواع مختلفة من الحيوان عن طريق الاصطفاء الطبيعي.

1 - التمويه (Camouflage)

يقصد به إمكانية الاندماج في المكان الذي يوجد فيه الحيوان ليصبح وكأنه أحد مكوناته (شكل8). وهو واحد من أكثر التكيفات شيوعاً في الطبيعة. إنه الطريقة الأسهل لتجنب رؤية الضواري للحيوان المموّه.



(الشكل8) التمويه (Camouflage)

إن حشرة العث مثال على ذلك (سيرد شرحها مفصلاً فيما بعد) كما أنه تصعب ملاحظة الضفادع الخضراء عندما تكون على الأوراق الخضر. وبعض الحيوانات تبدّل ألوانها بحسب التغيرات الفصلية في مقطنها. فالأرانب الحمارية (Jack rabbits) بنّية اللون في الصيف، من الصعب رؤيتها وهي مع أوراق الأشجار والتربة البنية اللون. وفي الشتاء يتحول فراؤها إلى اللون الأبيض الناصع فتتموه مع الثلج. أما الحرباء فليس عليها الانتظار لفصل جديد إذ يمكنها تبديل لون جلدها في ثوان معدودة لتحاكي أي لون من محيطها.

والضواري أيضاً تستخدم التمويه كي تحد من رؤية الحيوانات لها عندما تتصيدها، فاللون البني الذهبي لفراء الأسد يطابق لون الأعشاب الجافة التي يختبئ بينها عندما يترصد فريسته. أما اللون الزهري البراق فيشكل له جملة من المصاعب عندما يتخفى أمام ضحاياه.

2. التنكّر (Mimicry)

بعض الحيوانات يمارس عملية التنكر كي يبدو أو يتظاهر بأنه شيء آخر، ما يساعدها على البقاء. فلبعض الفراشات بقع على

أجنحتها على شاكلة عيون مخيفة (شكل 9) وتبدو من مسافة بعيدة كعيون الضواري فتخافها الطيور وتحجم عن أكلها.



(الشكل9)
التنكر (Mimicry)
بقع على شاكلة عيون الضواري
على جناحي الفراشة

والحشرة العصوية تبدو كالغصن الشجري ومن الصعب تمييزها من الغصن الحقيقي ولو كنت قريباً منها.

3 – السرعة

وهي عملية واضحة، فالحيوان الأسرع في الجري يكون أسرع هرباً وأكثر حظاً في النجاة من الحيوانات المفترسة. لقد تطورت أغلب الحيوانات لتجري بأقصى سرعة ممكنة تبعاً لحجمها وشكل جسمها ونمط بيئتها. وعلى الضواري أن تجري بسرعة كبيرة أيضاً، كي تتمكن من اقتناص فرائسها.

4 – المخادعة (Deception)

طورت الحيوانات ذات الحركة البطيئة التي يسهل النيل منها، طرائق لخداع أعدائها وتضليلهم، كي تبتعد عنها. فالحيوان الجرابي المسمى أبوسوم (Opossum) وبعض أنواع الأفاعي تتظاهر بأنها

ميتة فاقدة الحركة أملاً في أن تصبح غير جديرة بالاهتمام من قِبل الحيوانات المفترسة فتغض النظر عنها.

5 – الردع (Deterrence)

إحدى الطرائق التي يبديها الحيوان لتجنب التعرض للافتراس، أن يصبح قاسياً يردع الضواري عن أكله. فالمدرع (أرمدللو) يتمتع بصفائح عظمية تغطي جسمه، وعندما يكوّر جسمه ليصبح كالكرة، يستعصي على الضواري إيجاد طريقة للوصول إلى داخله (شكل82). والقنافذ محمية بمئات الأشواك الحادة الخطرة.

6 – السُميّة (Toxicity)

إذا اتصفت بعض الأحياء بالسمية أو بالمذاق السيئ فإن الضواري تتعلم سريعاً بأنها غير صالحة للأكل، وهذه الاستراتيجية شائعة لدى النباتات والحشرات والأسماك.

7 – الإدراك الحسي الحاد

وهو أيضاً أحد التكيفات الشديدة الانتشار في الطبيعة. فالحيوان الأكثر قدرة على السمع والإبصار والشم هو الأكثر نجاحاً في اصطياد الفرائس، أو الكشف عن الضواري قبل أن تقترب منه. بعض الحيوانات طورت أجهزة من الإدراك الحسي المدهش غير المتوافرة عند الإنسان. فالدلافين والخفافيش تستعمل الأمواج فوق الصوتية في صيدها. كما أن العقارب والفيلة يمكن أن تكتشف الاهتزازات

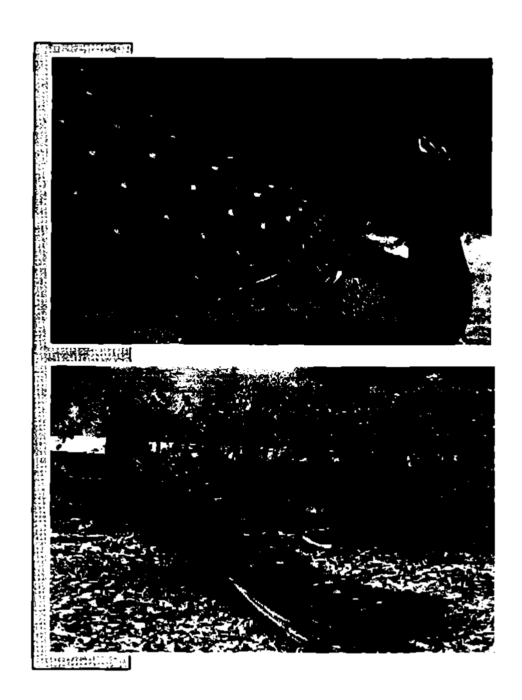
الأرضية. والبوم يتمتع برؤية ليلية حادة تتيح له الإبصار في الظلمة الحالكة. والكلاب تسمع أصواتاً لا يسمعها الإنسان.

8 - التنوع في الأنظمة الغذائية

اكتسبت الحيوانات خلال تطورها جميع أشكال التكيفات التي تمكنها من أكل تشكيلة واسعة من الأطعمة. فالزرافات لها أعناق طويلة تصل إلى الأوراق الموجودة في ذرى أغلب الأشجار، والأبقار لها أربع معدات تؤمن لها القدرة على قضم وهضم العشب الذي لا تتمكن أغلب الحيوانات من هضمه. وبعض الحيوانات طور قدرة مناعية ضد السموم، ما سمح لها بأكل الحيوانات السامة. حتى أن النباتات طورت استراتيجيات فريدة للحصول على غذائها، فبعضها يقبض على الحشرات بأوراقه ثم يذيبها بواسطة سوائل هاضمة خاصة. وبعضها ينصب فخاخاً للحشرات بواسطة أشعار لاصقة ثم يبتلع الفريسة ويهضمها. وقد دُهش داروين كثيراً بهذه النباتات اللاحمة وصرف أعواماً في البحث عنها.

9 - اختيار الشريك (الاصطفاء الجنسي)

إذا كانت عملية التمويه على هذه الدرجة من الأهمية للبقاء، فلم يتلون بعض الحيوانات بألوان براقة زاهية؟ كيف يمكن للاصطفاء الطبيعي تفسير ذلك الجمال والخطوط الوهاجة المتموجة التي يتحلى بها ذيل الطاووس وتبدو عديمة النفع (شكل 10).



(الشكل10)
ذيل الطاووس

لا شك أن الطاووس ذا الذيل الأصفر الباهت، يقلل من رؤية الضواري له، فيكتب له البقاء بنسبة أكبر. وهذا لا نشاهده في الواقع، فلماذا؟ يعود السبب إلى شكل من الاصطفاء الطبيعي دعاه داروين الاصطفاء الجنسي (SEXUAL SELECTION).

تنص نظرية داروين في الاصطفاء الجنسي، على أنه لا يكفي بقاء الحيوان حياً كي ينقل صفاته إلى الأجيال اللاحقة. بل عليه أيضاً أن ينجب الأبناء، والطريقة الوحيدة لتأمين ذلك هي الاقتران بشريك. وهكذا يميل التطور إلى تفضيل الأفراد الأكثر جذباً للتزاوج. أما الأفراد غير الجذابة فتقل أنسالها وتتناهى إلى الزوال تدريجاً.

ولكن ما الذي يحدد الجاذبية الجنسية؟ إنه سر لم يكشف عنه أحد بعد. ومهما يكن السبب فإننا نعلم أن العديد من الحيوانات يتمتع بمظاهر جذابة للجنس الآخر. فإناث الطاووس تفضل الاقتران بالذكور ذات الأذيال الملونة البراقة، وهكذا يزيد حظ الذكور في الحصول على الشريك كلما زادت أذيالها تلوناً وجمالاً، وبالتالي، ستحظى بنسبة أكبر من الأنسال المشابهة لها، ناقلة صفاتها إلى الجيل التالي. وهكذا تطور نوع الطاووس عبر السنين الطويلة ليكتسب هذا النمط من الأرياش الملونة. أما الأفراد المجردة من هذه الصفة فيكون حظها أوفر في تجنب الضواري ولكنها لا تسهم إلا بنسل قليل.

ينطبق المبدأ نفسه على كثير من الأنواع الحيوانية. فإناث بعض أنواع الطيور تفضل الاقتران بالذكور التي تقوم بما يسمى «الرقص الاقتراني»، مثال ذلك الطائر الطنان (Hemming bird) حيث يقوم الذكر بالرفرفة والطيران والزقزقة في عرض مدهش قد يدوم عدة ساعات. لقد احتفظ الاصطفاء الجنسي بهذه الأنماط السلوكية الغريبة.

وثمة أشكال أخرى من السلوك المرتبط بالاصطفاء الجنسي وغير متوقف على انطباع الإناث نحو ذكورها وإنما على التخويف والرعب الذي تبديه الذكور المنافسة. فذكور الفقمة الضخمة تصبح شديدة العدوانية والعنف في فصل التزاوج، والذكور الأكثر عدوانية تحصل على عدد أكبر من الإناث، لا لأنها المفضلة لديها بل لأنها ترعب الذكور الأخرى فتلوذ بالفرار.

الفصل الثامن: أين هي الحلقات المفقودة؟

منذ أيام داروين، درج المنتقدون للتطور على الإشارة إلى غياب ما أصبح يعرف «بالحلقات المفقودة» (يفضل العلماء تسميتها بالأشكال الانتقالية)، فبعض علماء الحيوان يصرح بأنه إذا تطورت الخفافيش من قواضم شبيهة بالفأر، فأين أحافير المخلوقات التي كانت في نصف الطريق بين الخفاش والفأر؟ أحفورة لفأر له نصف جناح الخفاش؟ لم يعثر أحد على ذلك. وعندما لا يوجد أي دليل على وجود أشكال انتقالية بين نوعين، فكيف نكون متأكدين من حدوث التطور فعلاً؟ وفيما يلي بعض الإجابات المقنعة عن هذا السؤال:

1 – يوجد أشكال انتقالية بالفعل

من الصعب التصور أن سائر الطيور الحالية انحدرت من دينوصورات ما قبل التاريخ، لكن العلماء عثروا على جملة من أحافير لشكل انتقالي بين الدينوصورات والطيور دعي بالمجنح الأثري، وقد أشرنا إلى ذلك (أنظر الشكل74)، وهو يبدو كعظاية طائرة لها ذيل فقري والريش يغطي الجسم والذيل، كما أنهم وجدوا العديد من العظام والأحافير لأشكال انتقالية بين الرئيسات وبين القردة الحالية والإنسان، وهي تدل على الأصل المشترك بين النوعين معاً. وثمة أشكال انتقالية عديدة دالة على تطور الحصان والزواحف سيرد ذكرها بالتفصيل.

2 – إن حوالى 99.99% من أحافير الأرض غير مكتشف

ليس من السهل العثور على الأحافير، لكن الجيولوجيين يبحثون عنها يومياً في جميع أنحاء العالم. ولذلك لم نجد جميع الحلقات المفقودة حتى الآن، ولكن عدد المكتشف يزداد يومياً.

– لا تتشكل الأحافير إلا وفق شروط نادرة

صحيح أن العلماء لم يجدوا أحافير أغلب الأشكال الانتقالية، ولكنهم لم يجدوا أيضاً، أحافير أغلب الأشكال المستقرة الثابتة للأحياء فالأحافير لا تتشكل إلا عندما تكون الظروف مناسبة لذلك تماماً. إن بقايا الحيوانات وعظامها تتحلل بسرعة وتختفي، وبما أن الأشكال الانتقالية تتوافر على الأغلب في الشروط البيئية المتغيرة فليس من المحتمل الحفاظ على هياكلها سليمة ملايين السنين.

3 – التطور لا يحدث بمعدل مطرد ثابت

أغلب الحيوانات والنباتات يبقى في البيئة نفسها مدة طويلة للغاية – ملايين السنين أحياناً – وطالما تبقى بيئتها على حالها يقل مدى تطورها إن لم يتوقف تماماً. وعندما تجبر المتعضيات على العيش في بيئة جديدة الشروط، عليها التكيف سريعاً كي تبقى حية وفي فسحة من الزمن قليلة نسبياً (ربما 100 ألف سنة أو حتى 10 آلاف سنة وهي كلمحة البصر في السلم الجيولوجي) يتمكن النوع من التطور جذرياً ماراً عبر العديد من الأشكال الانتقالية، وعندما يصل إلى نمط أفضل من التكيف في بيئته الجديدة، فإنه سيبقى مستقراً ثابتاً.

ويتوقف بصورة أساسية عن التطور مدة طويلة، مرة ثانية. ويسمى هذا المظهر من التوقف ثم الشروع في التطور «التوازن النقطاني» (Punctuated equilibrium) لأن الأنظمة البيئية المستقرة والمتوازنة تماماً تتعرض للانقطاع نتيجة تغير سريع كما تفعل النقاط والفواصل في سياق الجمل الكتابية.

ولهذا، فإن أغلب الأحافير تحفظ في الأوقات التي لا يتغير فيها النوع ما يفسر ندرة وجود الأشكال الانتقالية.

- يجيب عدد من العلماء عن هذا السؤال بطريقة مختلفة

كل أحفورة يتم إيجادها، تعتبر شكلاً انتقالياً، وإن جميع المتعضيات الحية والميتة هي أشكال انتقالية من نوع إلى آخر. الأمر يتوقف فقط على كيفية النظر إليها. يمكن اعتبار الحيوانات الحالية أشكالاً انتقالية بين أجدادها الغابرة من جهة، وما يخلفها من مخلوقات مجهولة تتطور إليها الأنسال في المستقبل البعيد. يمكن التفكير يوماً ما بأن النوع البشري يؤلف حلقة مفقودة.

الفصل التاسع: فكرة لا تموت

بعد أن أُوكل إلى هكسلي قيادة الترويج لمصلحة التطور في لندن، ابتكر تعبير الداروينية ليصف الاصطفاء الطبيعي بحسب الرؤية الخاصة لداروين. ولا يزال بعض المفكرين حتى اليوم يدعون أنفسهم بالداروينيين.

ألقى هكسلي محاضرات وكتب بجسارة موضوعات مصرحاً أن

النوع البشري انحدر من أسلاف هي القردة، خلافاً لآراء داروين، بغية إثارة العواطف. رأى الفكرة نصف سكان لندن مخزية بشكل فاضح والنصف الآخر رأى فيها نوعاً من السخرية المضحكة.

في عام 1862 صدر عن دار النشر ثلاثة كتب هامة جديدة، الأول لداروين بعنوان «الوسائل المختلفة التي تلجأ إليها الحشرات لإخصاب نبات السحلبية (Orchid) البريطاني والأجنبي». والثاني لهكسلي بعنوان «مكان الإنسان في الطبيعة». والثالث لتشارلز ليل بعنوان «قدم الإنسان». وجميع هذه الكتب تدعم فكرة تحول الأنواع عبر الاصطفاء الطبيعي.

أخذت فكرة التطور تتعزز شيئاً فشيئاً بمرور السنين لكن داروين لا يزال مرتعداً مرعوباً، لا يقوى على إقناع الناس بصورة شخصية. وكعادته بقي يعمل من وراء الستار مدعّماً نظريته بالأدلة يوماً بعد يوم وسنة بعد سنة.

كان عام 1863 على درجة من الأهمية لسبب آخر. إذ عثر في ألمانيا على أحفورة جديدة مدهشة نقلت إلى لندن وعاينها الخبير التشريحي والأحفوري ريتشارد أووين ومنحها اسم المجنّح الأثري أو المجنح القديم (Archaeopteryx) (شكل74)، العينة قديمة للغاية، بدت وكأنها نصف عظاية زاحفة ونصف طائر (كما ذكرنا). لها أسنان وعظام العظاية ولها أرياش وجناحا الطائر. فهل يمكن للمجنح الأثري أن يكون الحلقة الانتقالية بين الزواحف والطيور مبرهناً على حدوث التطور بالفعل؟ آمن كثير من العلماء بهذه الفكرة. وحتى الآن يعتبر

المجنح الأثري واحداً من الأمثلة البالغة الوضوح للشكل الانتقالي. أما أووين الذي كان أعنف المناهضين لفكرة التطور، فقد انتهى به الأمر إلى تقديم أفضل دليل لمصلحة هذه الفكرة.

في أيلول/ سبتمبر 1863 ساءت صحة داروين فجأة وتدهورت بسرعة فألغى جميع الاجتماعات والمواعيد والمسؤوليات، ولازم المنزل مدة أربع سنوات دون مواجهة الناس. توقف عن حلاقة ذقنه فنمت له لحية كبيرة مالت إلى اللون الأبيض، تحول بسرعة إلى رجل تبدو عليه علامات الشيخوخة. وعندما عاد للاجتماع بالناس لم يتعرف إليه حتى أعز أصدقائه. وفي هذه الفترة من حياته أصبح واحداً من أشهر الناس في العالم.

تُرجمت كتبه إلى الفرنسية والألمانية والروسية وإلى عدة لغات أخرى. وبدأت أفكاره التطورية تنتشر متجاوزة العلماء الطبيعيين البريطانيين، فعلماء اللغات والاقتصاد وعلماء النفس والفلاسفة وعلماء الإنسان والخبراء في مجالات أخرى عديدة، أدركوا أهمية تطبيق التطور في حقول أعمالهم. رحّب الناس بداروين كبطل رائد في الطريقة الجديدة من التفكير.

في عام 1864 أسس هكسلي النادي (x) المؤلف من تسعة قادة من العلماء. وكانت الاجتماعات في النادي تدور حول مناقشة التطور والمواضيع المتصلة به والتخطيط لوضع استراتيجيات تعزز أفكار داروين لدى الجمهور.

في هذه الفترة ابتكر عالم الاجتماع المشهور سبنسر عبارة جديدة

هي «بقاء الأنسب». كان سبنسر من المؤيدين بقوة لداروين ولكنه سار بمفهوم التطور كله إلى حيز أوسع وأبعد. صرح بأن كل شيء هو نتيجة التطور وليست الحيوانات والنباتات فقط. فالبيئات الاجتماعية والأنظمة الاقتصادية وكل شيء آخر يخضع لسنة التطور. رأى سبنسر أن تعبير «بقاء الأنسب» أكثر شمولاً وفهماً من «الاصطفاء الطبيعي». فاستعمل عبارته في كتاباته وغدت أفكاره على درجة كبيرة من الشعبية. وشرع الناس في استعمال تعبير بقاء الأنسب حتى عند وصف نظرية داروين. ولما علم داروين بذلك اقتنع بالفكرة وأدخل هذا التعبير في الطبعات الأخيرة من «أصل الأنواع» أغلب الناس يظن الآن أن داروين هو المبتكر.

الفصل العاشر: كتاب نسب الإنسان

كان لدور النشر العامة والترجمات الدولية لكتاب أصل الأنواع والجهود اللامتناهية لهكسلي وللنادي (x) الفضل الكبير في تحرير التطور من اعتباره موضوعاً محظوراً محرماً. ففي عام 1868 كان لكل كتاب يدور حول تطور الإنسان من أسلاف شبيهة بالقردة، الحظ الأكبر في التسويق. عشرات المؤلفين نشروا كتباً حول هذا الموضوع، وأغلب هذه الكتب كان مصدراً لإقلاق داروين وإيذاء مشاعره، لأن عدداً قليلاً من المؤلفين بدا متفهماً فعلاً لنظريته وكثيراً منهم ضلوا السبيل. تمنى داروين أن يقوم أحدهم بكتابة مؤلف عن أصول الإنسان غير مليء بالأغلاط وسوء الفهم. ولكن من هو هذا الشخص؟ تأكد

داروين أنه إذا أراد قراءة مثل كتاب كهذا فعليه أن يقوم هو بكتابته. وعندما كتب داروين كتاب أصل الأنواع كان شديد الحذر من ذكر تطور النوع البشري خوفاً من إحداث صدمة فاضحة. أما الآن فقد أصبحت الفكرة شائعة لدرجة لم يعد معها مبالياً بالأمر.

على مدى أكثر من سنتين أخذ داروين، في التمحيص والتدقيق في مذكراته وملاحظاته، وجمع أفكار الخبراء وممارسة الكتابة يومياً.

وفي عام 1871 نشر كتابه الأكثر جرأة بعنوان «نسب الإنسان والاصطفاء بموجب الجنس»، وكان الهم الأساسي له أن يجمع في مكان واحد سائر الأدلة العلمية الفضلى، على أن الإنسان كغيره من الأنواع الأخرى، تطور من أشكال ابتدائية انطفأت حالياً.

لم يقدم داروين كالمعتاد، وقائع أو أمثلة قليلة من هنا وهناك، بل بنى جبلاً من الأدلة من كل حقل يصعب تصوره. وكل منها يؤكد أن الإنسان تطور من أسلاف ابتدائية، وفيما يلي بعض من النقاط التي استخدمها لدعم أفكاره:

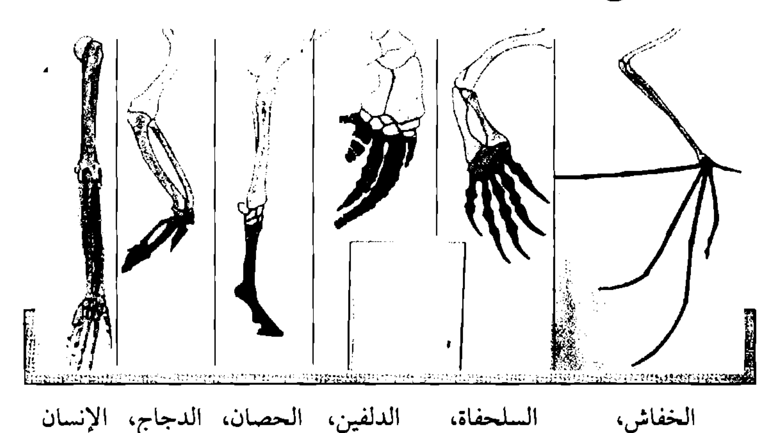
1 – التشريح المقارن (Comparative anatomy)

ثمة ملامح مشتركة بين الإنسان والقردة والثدييات (اللبونات) الأخرى فلا توجد سوى فروق ضئيلة بين الهيكل العظمي للإنسان وهيكل القردة (شكل 11). وكذلك بين الدماغين؛ وفضلاً عن ذلك فإن كثيراً من الملامح تبدو مختلفة ظاهرياً ولكنها في الحقيقة على درجة كبيرة من الترابط عند التدقيق.



(الشكل 11) الهياكل العظمية للإنسان وبعض القردة

فيد الإنسان ومخلب الكلب وزعنفة الدلفين وجناح الخفاش كلها مبنية وفق مخطط واحد، لها العظام نفسها والترتيب نفسه (شكل 12) لقد تطورت لتكون أطول أو أقصر أو أرق كي تتلاءم مع الإمساك أو المشي أو السباحة أو الطيران. استنتج داروين وجود صلة ترابطية بين هذه الأنواع من الحيوانات.



الخفاش، السلحفاة، الدلفين، الحصان، الدجاج، الإنسان

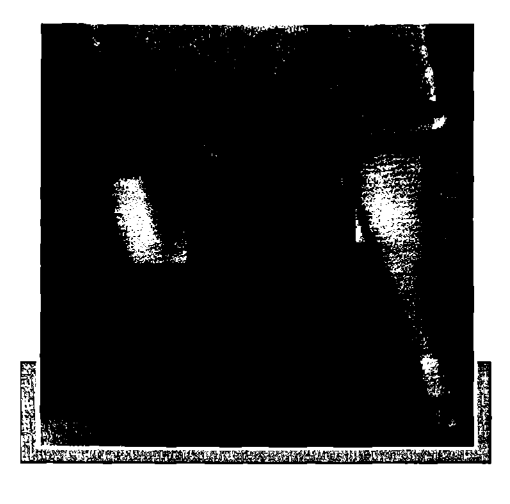
(الشكل 12)

هيكل الأطراف الأمامية للإنسان وبعض الحيوانات

2. الآثار التطورية (Evolutionary remnants)

إن لم يتطور الإنسان من أنواع سابقة، فما هو المغزى من وجود أعضاء عديدة ضامرة لديه. وهي أشكال وبنيات ليس لها وظيفة واضحة؟ ففي أسفل العمود الفقري للإنسان عظم يدعى العصعص أو العظم الذيلي (الشكل 9) ما الفائدة من هذا العظم، إن لم يكن لنا أذيال؟ لا معنى لخلق عظم بلا وظيفة كما رأى داروين، أما إذا كان لأسلافنا البعيدين أذيال أخذت في التقاصر ببطء وتدريجاً خلال التطور حتى انتهت إلى عظم أثري صغير فهذا تفسير مقنع أكثر بكثير من الخلق المستقل، وما يؤيد ذلك ظهور ذيل لدى عدد من الأفراد بشكل واضح يستمر معهم حتى البلوغ والشيخوخة (شكل 13).

كثير من الحيوانات لها عضلات تمكنها من تحريك الآذان أماماً وخلفاً لتحسين السمع. والإنسان لم يعد قادراً على تحريكها. ولكل واحد منا عضلات محركة أذنية ولو كنا لا نراها ظاهرة ولا نشعر بها. (ثمة قليل من القادرين على استعمالها وتحريك آذانهم).



(الشكل13)
الذيل لدى بعض البشر

فما الغاية من وجود هذه العضلات غير الوظيفية إن لم تكن حصيلة التطور؟ للإنسان أيضاً عضو ضامر يسمى الزائدة الدودية لا وظيفة له الآن ولا يمكن تفسير وجودها الحالي إلا من خلال التطور. إذ إنها كانت وظيفية في الأسلاف ولم نعد بحاجة إليها.

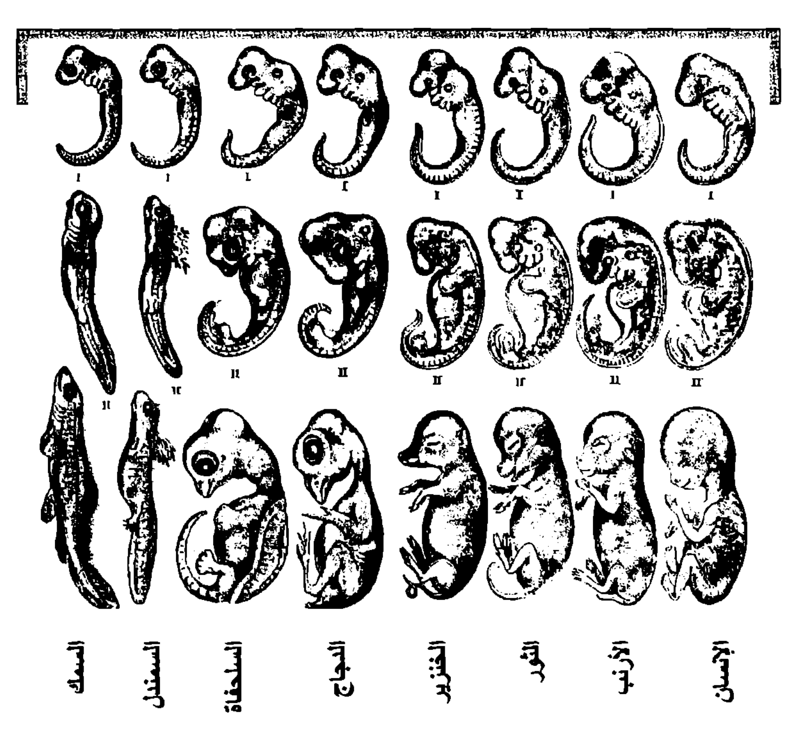
ومن الأعضاء الضامرة عند الإنسان أيضاً، أضراس العقل والثديّ عند الرجال وغيرها.

3 – علم الجنين (Embryology)

تؤلف المُضغة مرحلة باكرة من التشكل الجنيني وهي عبارة عن تجمع من الخلايا في رحم الأم. وقد كشف علماء التشريح المعاصرون لداروين أن المضغات لدى الإنسان وحيوانات أخرى تبدو متشابهة تماماً (شكل 14) أثناء الأسابيع الأولى من النمو الجنيني. ولا يمكن التمييز بينها ومعرفة النوع الحيواني الذي تنتسب إليه إلا بعد أن تصبح المضغة جنيناً. رأى ذلك داروين دليلاً واضحاً على الأصل البيولوجي الواحد لجميع الحيوانات.

4. القدرات الذهنية

اعتقد الناس في أيام داروين أن الفرق الرئيس بين البشر والحيوانات الأخرى هو أن للإنسان عقلاً يؤمن العواطف والتكلم والأنماط الأخرى من النشاطات النفسية الراقية، وأن الحيوانات محرومة من مثل هذه القدرات. لكن داروين قدم أدلة على أن للحيوانات مشاعر وأنها تتواصل بعضها مع بعض بلغات ابتدائية



(الشكل14) تطور أجنة الفقاريات

(تغريد الطيور وخوار البقر... إلخ)، وأنها تستخدم الأدوات في بعض الحالات. وأظهر أن الفرق بين عقل الحيوانات وعقل الإنسان ليس على هذه الدرجة من الضخامة كما كان يظن. إن وجود الدماغ المتطور للإنسان لا يؤلف برهاناً على أننا منفصلون عن الأنواع الأخرى.

5 – الاصطفاء الجنسي

كان النصف الآخر من كتاب داروين، يدور حول الاصطفاء الجنسي، وهو شبيه بالاصطفاء الطبيعي، لكنه مبني على كيفية اختيار

الحيوانات لأقرانها، وكما رأينا سابقاً، الحيوانات بجميع أنماطها (حشرات وزواحف وطيور وثدييات (لبونيات)) طورت مظاهر وسلوكيات غرضها الوحيد جذب الأقران. وبما أن الأفراد الأكثر جاذبية تتزاوج بنسبة أكبر وتنتج أنسالاً أكثر، فإن صفاتها تنتقل وتنتشر في النوع بتواتر أكبر. رأى داروين أن الاصطفاء الجنسي يفسر سبب اختلاف الذكور عن الإناث في مختلف الأنواع. لقد تطورت المظاهر التزيينية الجذابة للجنس كأذيال بعض ذكور الطيور كي تثير عواطف الجنس الآخر، كما أنها تشرح اختلاف الناس فيما بينهم في جميع أصقاع الأرض. فتنوع قوام الشعر ولون الجلد وشكل الوجه بنسب متفاوتة، إن هو إلا حصيلة تفضيل الرجال والنساء لصفات معينة عن غيرها من الصفات.

وهكذا نجد داروين مرة أخرى، يسير في الطليعة متقدماً عصره، فكان يحاول إيجاد قاعدة علمية لتطور الإنسان. ولكن لم تكن الأحافير التي تشكل الحلقات الانتقالية الشهيرة في أفريقيا قد اكتشفت بعد، فلم يتوافر لداروين الدليل الأقوى لدعم أطروحته ولم يتحقق ذلك إلا بعد حوالى مئة سنة، حين عثر العلماء على أحافير فعلية تظهر بين الفينة والأخرى، أن الإنسان تطور من أسلاف شبيهة بالقرد منذ ملايين السنين.

لو أن داروين نشر كتابه «نسب الإنسان» عام 1859 لكان أثار ضجة صارخة بين الناس. ولكن بمرور الوقت خفتت الأصوات. ففي

عام 1871 أصبحت فكرة الأسلاف الشبيهة بالقردة لا تؤلف صدمة إلا لعدد قليل.

أخيراً صرح داروين بارتياح وبملء إرادته أن الإنسان يرتبط بعلاقة من القربى مع القردة، إذ إن لهما سلفاً مشتركاً ولكنه لم يبدل كثيراً أفكار العديد من الناس. بحلول العام 1871 أصبحت أنت مخيراً في قبول التطور أو رفضه. ولم يتوافر مزيد من الأدلة للتأثير في الآراء آنذاك. لكن داروين خالجه السرور والرضى لصدور كتابه الجديد.

الفصل الحادي عشر: نصف جناح

أفسد رضى داروين وارتياحه إلى كتابه الجديد، هجوم عنيف على نظريته في التطور بعد نشر كتابه هذا. وقام بهذا الهجوم بيولوجي مرموق يدعى جورج ميفارت، واعتبره داروين أقوى التهديدات جدية لآرائه كلها.

عرض ميفارت نقطة هامة متسائلاً إذا كان الاصطفاء الطبيعي يقود إلى تشكل مظهر ما أو عضو جديد، فماذا يفيد الحيوان حصوله على نصف هذا العضو؟ لو فرضنا أن قاضماً قديماً كان سلفاً للخفاش الحالي، ففي بعض المراحل من هذا التطور يجب ظهور مخلوق مجهز بنصف جناح بين القاضم القديم والخفاش الجديد. مخلوق بجناح ضامر غير قوي بصورة كافية ليساعد صاحبه على الطيران. فإذا كان هذا الحيوان لا يزال عاجزاً عن الطيران فستكون هذه الأجنحة النصفية عرضية التشكل وغير صالحة على الإطلاق، والنتيجة هي زوال هذه

المخلوقات بالاصطفاء الطبيعي لأنها لم تتكيف بعد للبقاء، وهكذا يبدو أن الاصطفاء الطبيعي يمنع تطور أية بنية تشريحية جديدة. فما الفائدة من الجناح النصفي إذن؟ يجب أن تكون نظرية داروين غير صحيحة.

وقع داروين في فخ الاصطفاء الطبيعي، هو أيد نظريته بالاصطفاء الطبيعي ونقضها ميفارت بالاصطفاء الطبيعي، فكأن ميفارت يقول: «من فمك أدينك يا داروين».

ما أعظم حرية الفكر وشريعة العقل المتحرر المستنير المجرد عن الهوى والباحث أبداً عن الحقيقة وحدها بصرف النظر عما يترتب على ذلك من انقلابات فكرية وفلسفية. وهنا يخطر على البال القول الشهير للعالم الفرنسي باستور، بعد نقضه لنظرية التولّد الذاتي.

تمكن باستور من دحض نظرية التولد الذاتي التي كانت سائدة في أيامه (القرن التاسع عشر) إذ كان يُظن أن الأحياء تتولد عفوياً من مواد أخرى، فالجراثيم تتولد من مرق اللحم والذباب من اللحوم والأجبان والفئران من القمصان المتسخة.. إلخ حاول باستور نقض هذه النظرية بإجراء تجارب عديدة لاقت الفشل الواحدة تلو الأخرى نتيجة تصدي العلماء الأوروبيين لآرائه وبيان النقص في تجاربه. وقد توصل أخيراً إلى إجراء تجربة حاسمة أقنعت جمهور العلماء بصحة فكرته فبادروا جميعاً إليه معتذرين عن الاتهامات والتجريحات التي صدرت عنهم في المرات السابقة؛ وفي اجتماع معهم في مخبره ألقى كلمة تاريخية جاء فيها:

«يجب على العلم ألا يقلق من النتائج الفلسفية المترتبة على أعماله، فلو أنني توصلت بنتيجة دراساتي إلى إثبات عكس ما أثبت، لجئت أعلنه هنا، في هذا المخبر، بكل فخر. ولأضفت ولو تحداني بعضهم، ليذهب إلى النار كل الذين لا تتفق أفكارهم مع الحقائق العلمية».

أدرك داروين خطورة الوضع فبدا عليه القلق والانزعاج. المسألة ليست بالأمر البسيط، لأن ميفارت كاتب وباحث مرموق موهوب، فهل من الممكن أن يكون مصيباً؟ فتؤول نظرية الاصطفاء الطبيعي إلى التحطم وتصبح طي النسيان كسحابة عابرة؟ جاهد داروين لإيجاد إجابة مقنعة تواجه تحدي ميفارت، ولكن دون جدوى.

بدأ بعض العلماء منذ ذلك الوقت التفكير في تقديم إجابة عن تساؤل ميفارت حول «الجناح النصفي» وتوصلوا إلى إجابتين مقنعتين:

1 - الإجابة الأولى

هنالك العديد من الحيوانات في الماضي وفي الحاضر، وهي نصفية الأجنحة، فالسنجاب الطائر نمط من القواضم له غشاء يشبه الجناح يمتد بين طرفيه الأماميين وطرفيه الخلفيين(شكل 15). إنه لا يستطيع الطيران فعلياً بهذا الجناح النصفي ولكنه ينزلق في الهواء كالطائرة الورقية من غصن إلى آخر.

كما أن الأسماك الطائرة وبعض العظايات والضفادع كلها تنزلق في الهواء بأجنحة نصفية ناتجة من الزعانف والجلد أو الأقدام.



الشكل15) السنجاب الطائر والسمك الطائر

كثير من الحيوانات إذن، يحقق الفائدة بالجناح النصفي، فهي لا تتمكن من الطيران تماماً بهذا الجنيّح، لكن الانزلاق في الهواء أو القدرة على السقوط بلطف على الأرض ومهارة نافعة صالحة للانتقال من خلال الاصطفاء الطبيعي. والمبدأ نفسه ينطبق أيضاً على أعضاء أخرى كالعين مثلاً. فأن يكون الحيوان قادراً على الرؤية قليلاً أفضل من أن يكون فاقد الرؤية تماماً، وكل تحسن في الإبصار يكون أكثر فائدةً واصطفاءً. يبدو واضحاً بصورة كافية أن ميفارت كان مخطئاً في استنتاجاته.

2 - الإجابة الثانية

إن العديد من الملامح التشريحية المعقدة تطورت أصلاً لتخدم هدفاً مختلفاً كلياً عما نظن. فالرئات الابتدائية في أنواع السمك القديم لم تكن مجهزة للتنفس وإنما للعوم، أي للمساعدة على الصعود والهبوط في الماء. وبعد مدة طويلة تطورت هذه الرئات الابتدائية إلى أعضاء قادرة على امتصاص الأوكسجين (رئات حقيقية) وتمكين

الأسماك في النهاية من التنفس فوق الماء والتحول إلى حيوانات برمائية (ضفادع). وقد تكون الأرياش والأجنحة بادئ الأمر تطورت لتنظيم حرارة الجسم، لا للطيران، مساعدة بذلك طلائع الطيور من الدينوصورات على خفض درجة حرارتها بنشر أجنحتها أو على رفع درجة حرارتها بنفش أرياشها لإدخال الهواء العازل بينها تبعاً للحاجة. وهي لم تستخدم أرياشها وأجنحتها للطيران إلا أخيراً.

ومن المحتمل أيضاً، أن تكون الأذناب القابضة قد مكنت صغار الحيوانات اللبونة من تسلق فراء أمهاتها وبعد مدة كافية بدأت ببطء تستخدمها للتأرجح على الأشجار.

وهكذا ورداً على ميفارت لم يطور أي مخلوق بالفعل أي أنصاف أجنحة أو أنصاف رئات أو أنصاف أذناب عديمة النفع، فهذه الملامح حديثة النشأة كانت دوماً مفيدة لغرض ما حتى ولو أنها تستعمل لأغراض أخرى حالياً.

الفصل الثاني عشر - السنوات الأخيرة

قضى داروين سنواته الأخيرة مرتاحاً مع عائلته في البيت ولم يكن يكترث أبداً للشهرة، كل ما يعنيه القيام بالملاحظات العلمية ورسم استنتاجات جديدة هامة منها. استمر في العمل دون انقطاع ونشر سلسلة مدهشة من الكتب العلمية أغلبها عن النباتات، ومع أنها لم تكن هامة ككتابي «أصل الأنواع» و«نسب الإنسان» لكنها بيعت جيداً بسبب الشهرة التي أصبح يتمتع بها.

في عام 1877 منحته جامعته القديمة كمبردج دكتوراه فخرية، ومع أنه أصبح يستخف بمثل هذه المنح، لكن لهذه المنحة أثراً خاصاً في ذهنه وهذا برهان على أن إنجازاته جعلته محترماً لدى أرقى المستويات العلمية والاجتماعية.

الفصل الثالث عشر: خاتمة عصر

في آخر حياته لجأ إلى دراسة الديدان، وكان من الأوائل الذين أكدوا أهمية الديدان للحياة على الأرض. اكتشف أن أغلب التربة عبارة عن الذي تطرحه الديدان بعد مضغها للنباتات الميتة. إن كل متر مربع من التربة مهما بدا، يحتوي على ديدان تزحف فيه ماضغة وهاضمة كل ما يعترض سبيلها. البلايين من الديدان في أنحاء العالم قامت بالمضغ والهضم ملايين السنين فحولت سائر النباتات الميتة إلى طبقة خصبة من التربة صالحة لأساس ينمو فيه كثير من النباتات. أراد داروين أن يعطي للديدان حقها الخاص من الاحترام، فحافظ عليها في أوانٍ خاصة واخترع العديد من أنواع التجارب ليرى كيف تعمل، حتى أنه كان يقف خارجاً تحت المطر في أنصاف الليالي ليراقب زحفها وتسللها إلى داخل التراب وإلى خارجه.

نشر نتائج دراسته هذه في كتاب دعاه «تشكل العفن النباتي بفعل الديدان». وقد سافر إلى لندن خصوصاً ليقنع الناشر بطبعه، فقبل بعد تردد ملحوظ، لأنه اعتقد أن عدداً قليلاً من الناس سيرغب في شرائه

لكن المدهش أن هذا الكتاب أصبح أكثر كتبه شعبية وانتشاراً وبالكاد استطاع الناشر أن يطبع النسخ بالسرعة الكافية.

بعد مدة قصيرة من إنجاز مشروعه عن الديدان، بدأ قلبه يسبب له المشاكل المزعجة. أدرك أن حياته أصبحت قصيرة فهيأ نفسه لذلك وأخبر زوجته إيما أنه لا يهاب الموت.

وأخيراً، في عصر التاسع عشر من نيسان/ أبريل 1882 توقف قلب داروين عن الخفقان ومات في منزله في مدينة داون محاطاً بأفراد عائلته. وتلك كانت خاتمة عصر دون شك.

هيّأت إيما الإعدادات لدفنه في مقبرة القرية، لكن أصدقاءه من العلماء تطلعوا إلى خطط أبعد، شعروا أنه يجب إعطاء داروين في موته أسمى الإجلال والاحترام، فحصلوا على الموافقة على دفنه في مقبرة العظماء في التاريخ البريطاني، مقبرة وستمنستر الشهيرة في لندن وتم ذلك في 26 نيسان/ أبريل 1882. فهل أتت رحلة داروين إلى نهايتها أم أنها لا تزال في البداية؟

الفصل الرابع عشر: ما بعد داروين

أصبح اسم داروين معروفاً في العالم بأسره، أيد البيولوجيون نظريته واعتبروها أساساً في علم البيولوجيا ودراسة الأحياء.

لكن الأمر لم يبق طويلاً على هذه الصورة. إذ رفضها جميع الناس تقريباً بعد فترة من الزمن، ولولا العمل الذي قام به الراهب غريغور مندل لأصبح تشارلز طي النسيان تماماً. فما المشكلة؟

بدأ النقاد يشيرون إلى نقطة بدت كمشكلة كبيرة أمام نظرية التطور عبر الاصطفاء الطبيعي. وهي أنه إذا حدث التباين المفيد فعلاً في نوع ما فيجب أن يتناقص احتماله جيلاً بعد جيل إلى أن يختفي تماماً.

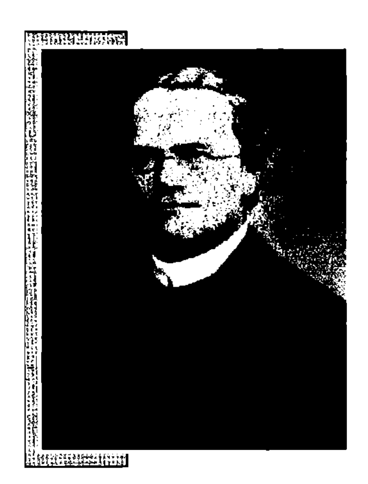
لنفرض أن غزالاً ولد بأرجل شديدة القوة تمكنه من النجاة من الضواري أكثر من غيره. فيجب أن يبقى وينمو وينجب ذرية ترث صفة الأرجل القوية بحسب نظرية داروين. ولكن كي ينجب الغزال القوي الأرجل، أبناء، عليه أن يتزوج قريناً عادي الأرجل، لعدم توافر قرين آخر قوي الأرجل بعد. ويكون النسل الناتج من أبوين أحدهما قوي الأرجل والثاني عادي الأرجل غير متمتع بالسرعة التي يتصف بها الأب الأسرع جرياً. ويتكرر الأمر من جيل إلى آخر مع تناقص نسبة القدرة على الجري إلى أن تصبح كما هي في الأصل. وهكذا لا يمكن للاصطفاء الطبيعي أن يقود إلى مظهر جديد، وأصعب من ذلك إلى نوع جديد.

لقد أربكت مشكلة المزج في الصفات الوراثية جميع الرواد من العلماء لكن الجواب كان قريباً جداً منهم.

1 – غريغور مندل

في مدينة برون الموجودة حالياً في جمهورية التشيك، قرر راهب اسمه غريغور مندل (شكل16) القيام ببعض التجارب الهامة في عصره، لم يكن يعرف شيئاً عن داروين ولم يكترث للحماسة لفكرة التطور

التي اكتسحت إنكلترا، ولكنه أسهم عن غير قصد في حل أكبر مشكلة اعترضت نظرية التطور.



(الشكل16)
غريغور مندل

أجرى مندل تجاربه على نبات البسلى (البازلاء) بين 1857 و1865 في حديقة الدير الذي كان يعيش فيه، محاولاً الكشف عن طبيعة توارث الصفات متى ولماذا يتشابه الأبناء مع الآباء؟

وتضمنت تجاربه:

1 - الهجونة الأحادية ومنها استنتج قانونه الأول قانون الانعزال.

2 - الهجونة الثنائية ومنها استنتج قانونه الثاني قانون التشكيل المستقل.

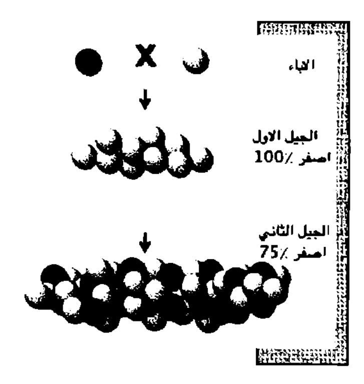
الهجونة الأحادية (Monohybrid) (شكل 17)

هي التزاوج بين فردين من سلالتين صافيتين من نوع واحد يختلفان بصفة واحدة. مثال ذلك التزاوج بين نبات بازلاء أصفر البذور ونبات بازلاء أخضر البذور.

لقح مندل نباتات ذات بذور صفراء بحبات طلع من نباتات خضر البذور فكانت نباتات الجيل الأول كلها صفر البذور (شكل 17) ولم تكن البذور الناتجة وسطاً بين اللون الأصفر والأخضر أي

إنه لم يحدث امتزاج للونين لدى الأبناء. وهذا بدا غريباً، والأغرب منه ما حدث في الجيل الثاني، فحينما سمح لنباتات الجيل الأول ذات البذور الصفر فقط أن تتزاوج فيما بينها وجد أن نباتات الجيل الثاني ذات بذور بنسبة ¾ للأصفر و¼ للأخضر. أي إن صفة اللون الأخضر كانت مختبئة بشكل ما في الجيل الأول وعادت للظهور في الجيل الثاني.

الهجونة الثنائية (Dihybridism) (شكل 18)



(الشكل 17)
الهجونة الأحادية

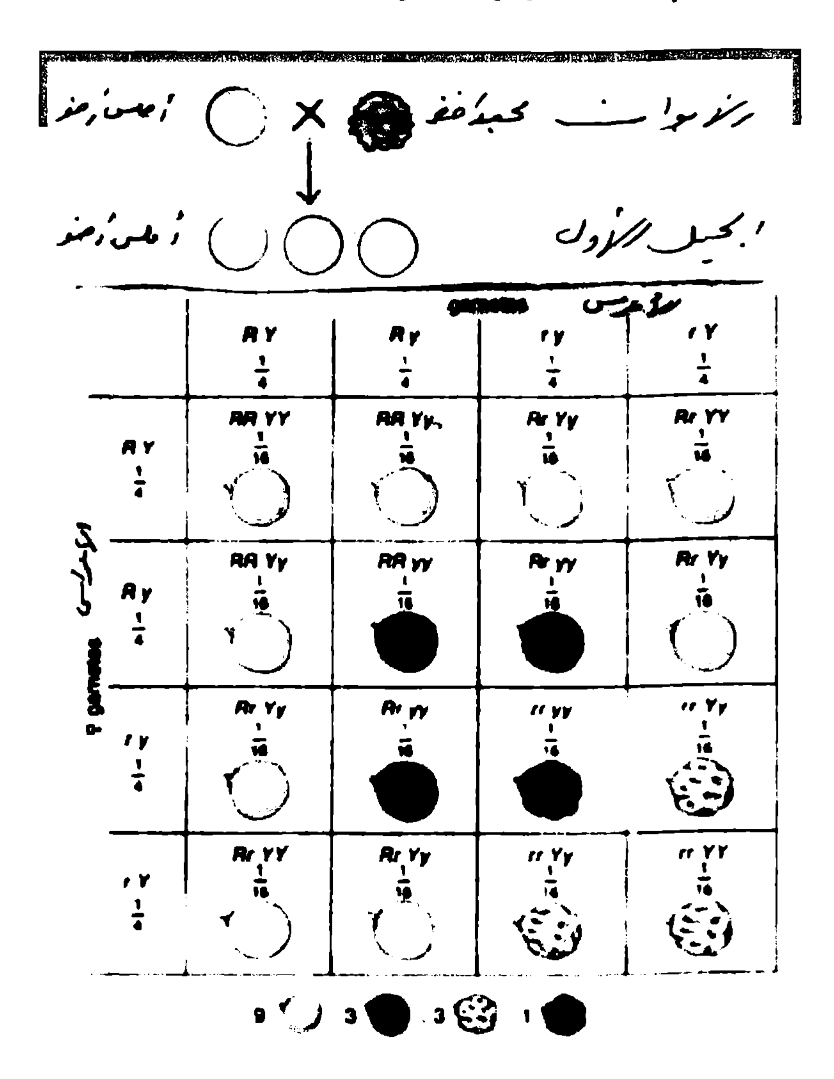
وهي التزاوج بين سلالتين صافيتين من نوع واحد تختلفان بصفتين، مثال ذلك:

التزاوج بين نبات أملس أصفر البذور ونبات مجعد أخضر البذور. يعطي في الجيل الأول نباتات كلها ذات بذور ملساء صفراء.

والتزاوج بين أفراد الجيل الأول أملس أصفر مع أملس أصفر يعطي في الجيل الثاني بذوراً بنسبة

16/ 9 ملساء صفراء   16/ 3 ملساء خضراء

16/ 3 مجعدة صفراء   16/ 1 مجعدة خضراء



(الشكل18) الهجونة الثنائية

(لا يهمنا الآن تفسير ذلك، فليس علم الوراثة غايتنا ومن يرد الاطلاع على ذلك أكثر فليلجأ إلى كتاب مدرسي).

نلاحظ في تجربة الهجونة الثنائية أننا حصلنا على تراكيب وراثية جديدة للصفات لم تكن مجتمعة معاً في الآباء وهي:

أصفر مجعد + أخضر أملس.

والتركيب الوراثي الجديد عامل أساسي من عوامل التطور كما سنرى فيما بعد.

قضى مندل ثمانية أعوام وهو يقوم بتجارب مماثلة للتجارب السابقة وحرص على إجراء القياسات والسجلات الدقيقة لأعماله طوال الوقت، وتوصل في النهاية إلى عدة استنتاجات هامة نذكر ما يهمنا منها لموضوعنا بإيجاز:

1 - كل متعضية ترث صفاتها من أبويها.

2 - كل أب يقدم نصف «العوامل الوراثية» التي تدعى الآن المورثات(الجينات).

3 - إذا اختلفت صفتا الأبوين بعضهما عن بعض فلا تمتزج الصفتان في الأبناء غالباً، إنما تظهر صفة أحد الأبوين وتكون راجحة أو سائدة (Dominant) وصفة الأب الثاني تبقى مختبئة وتكون متنحية (Recessive).

4 - الصفة المتنحية لا تختفي إذا كان للأبوين المورثة المتنحية نفسها، وإنما تعود للظهور في الجيل الثاني.

نشر مندل نتائج تجاربه باللغة الألمانية ولم يقرأها إلا العدد القليل، فآلت بسرعة إلى النسيان. شعر بخيبة الأمل، ولكن ترقيته

لإدارة كل شؤون الدير لم تترك له الوقت الحر طوال حياته، ليكون واحداً من العلماء.

في عام 1900 عثر أحد العلماء على نسخة من نشرة مندل أثارت فيه الدهشة! هذا الراهب غير المعروف اكتشف مبادئ هامة في الوراثة لم يلاحظها أحد قبله.

انتشرت الأنباء حول أبحاث مندل في أوروبا، وبدأ العلماء القيام بتجارب مشابهة على نباتات وحيوانات أخرى للتأكد من نتائجه. فوجدوا أنها تنطبق على جميع المتعضيات وليس على نبات البازلاء فقط. وفضلاً عن ذلك اكتشفوا أن بعض الصفات تمتزج وعلى الرغم من ذلك تبقى خاضعة لقوانين مندل. فمثلاً إذا تم التزاوج بين ديك أسود الريش ودجاجة بيضاء الريش نتجت أفراد كلها رمادية الريش. وإن التزاوج فيما بين هذه الأبناء الرمادية اللون ينتج نسلاً من الأبناء المتباينة الألوان، بعضها أسود وبعضها أبيض وبعضها رمادي اللون. والشيء الهام هنا الذي يجب تذكره، أن مورثات الريش الأسود ومورثات الريش الأبيض لم تختفِ ولم تمتزج بصورة دائمة، بل حافظت على فرديتها واستقلالها عبر الأجيال المتتالية.

لوقت طويل لم يلاحظ أحد صلة بين هذه التجارب الوراثية ونظرية داروين في التطور، ولم تزل فكرة الاصطفاء الطبيعي غير مقبولة لأن أي واحد لم يجد بعد إجابة عن الاعتراض الذي ينص بأن الصفات الجيدة ستمتزج وتضعف تدريجياً إلى أن تتلاشى بمرور الزمن.

2 – النظرية التركيبية (Synthesis theory)

في العشرينيات من القرن العشرين بدأ العلماء يدركون كيف أثر علم الوراثة المندلي في حل المشاكل التي تواجه نظرية داروين في التطور. فقد أثبتت تجارب مندل أن الانتقادات للاصطفاء الطبيعي كانت مغلوطة، فالتباينات النافعة لا تخف تدريجاً إلى أن تزول. فإذا كانت الصفة الجديدة لمورثة راجحة، أمكن لأحد الأبوين فقط أن ينقلها إلى الأبناء دون أي تعديل، وهذا يعني أن الملامح الجديدة النافعة والمساعدة على البقاء والتكاثر تنتشر في النوع برمته. كما أن المورثة المتنحية تنتشر ولو بصورة بطيئة.

عادت للاصطفاء الطبيعي أهميته التطورية وأنقذت سمعة دارون.

أعطي للجمع بين التطور الدارويني وعلم الوراثة المندلي اسم جديد هو «النظرية التركيبية» وتدعى أيضاً، «الداروينية الحديثة» وهي النظرية التي يقبلها سائر العلماء اليوم.

إن النظرية التركيبية الحديثة، في الواقع ليست نظرية واحدة يمكن وصفها بكلمات قليلة، وسنعود إلى التفصيل في شرحها لاحقاً، أما الآن فنكتفي بذكر بعض من أفكارها الأساسية بإيجاز:

1 – حدث التطور عبر التاريخ وهو مستمر في الحدوث.

2 – عوامل التطور عديدة أهمها:

أ – الطفرات.

ب – التراكيب الوراثية الجديدة المتباينة بفضل التكاثر الجنسي.

ج – الاصطفاء الطبيعي وبقاء الأنسب.

د - الانحراف الوراثي.

هـ - الموجات الوراثية.

و - الانعزال والتنويع.

سنشرحها جميعاً فيما بعد.

3 - التباينات بين أفراد النوع الواحد ناتجة من حدوث تراكيب متفردة لمورثات الآباء خلال تكاثرها وهي تجعل، بوساطة طفرات وراثية ضئيلة، المتعضية التي تحظى بها، مختلفة قليلاً في شكلها الفيزيائي.

4 - بعض المورثات فقط تحدد مظهر الفرد، أما المورثات الأخرى فلا تعبر عن ذاتها ظاهرياً وتنتقل من جيل إلى جيل إلى أن تظهر صفاتها ضمن بعض الظروف وبحسب القوانين المندلية.

5 - يحدث التطور بخطوات صغيرة شيئاً فشيئاً كما أعلن داروين.

3 - اكتشاف الحمض النووي DNA

بقيت مشكلة واحدة أمام علم الوراثة وبالتالي النظرية التركيبية، وهي أنه لا أحد بعد رأى المورثات (الجينات Genes). مندل قدم الدليل على وجودها ولكن لا أحد عرف ماهيتها ولا كيف تعمل على المستوى المجهري.

بين العشرينيات والأربعينيات من القرن العشرين تعمق العلماء أكثر وأكثر في الدراسة داخل الخلايا وبوساطة أدوات وأجهزة متزايدة القوة والدقة، شاهدوا الصبغيات كخيوط وترية دقيقة في كل خلية

من الجسم وأثبتوا تجريبياً أن المورثات محمولة على الصبغيات (كروموزومات chromosomes) لكن المورثات صغيرة للغاية تصعب رؤيتها. ولم يحل لغزها حتى العام 1953 نتيجة عمل مجموعة من العلماء. إذ تبين وجود جزيء داخل الصبغي هو الحامل الحقيقي للتعليمات الوراثية وأطلق عليه اسم الحمض النووي الريبي المنقوص الأوكسجين (Deoxyribonucleic acid DNA). والجينات(المورثات) عبارة عن قطع من هذا الجزيء الطويل. وكل قطعة (مورثة) تتحكم في مظهر واحد للشيفرة الوراثية. وكان علينا الانتظار حتى عام 2001 حين توصل العلماء إلى تحديد مكان كل مورثة بالضبط في صبغيات الإنسان.

سنضع الآن أمام القارئ فكرة موجزة عن البروتينات والحموض النووية وتركيب البروتين لضرورة ذلك في الأبحاث المقبلة؛ وللمزيد من المعلومات يمكن للراغب الرجوع إلى كتب خاصة منها مدرسية، تتضمن بحوث علم الوراثة.

لمحة عن البروتينات

البروتينات مواد عضوية هامة لجميع الأحياء لدوريها:

1 - البنائي، فهي تدخل في بناء جميع الأنسجة الحية.

2 - الوسيطي، لأن الأنزيمات عبارة عن بروتينات وهي تتوسط جميع التفاعلات الحيوية.

الوحدات البنائية في تركيب البروتينات هي الحموض الأمينية،

ويدخل في تركيب البروتينات المعروفة حتى الآن حوالى 20 نوعاً، نذكر من هذه الحموض الآلانين والسيرين والميتيونين واللوسين والتيروزين والغيلسين والفالين والفينيل آلانين والآرجينين.

كل حمض أميني يتألف من:

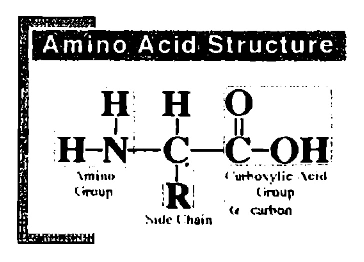
1 - زمرة حمضية (كربوكسيل) - c o oh.

2 - زمرة أمينية2 - H - N.

3 - ذرة هدرجين H مرتبطة بذرة C.

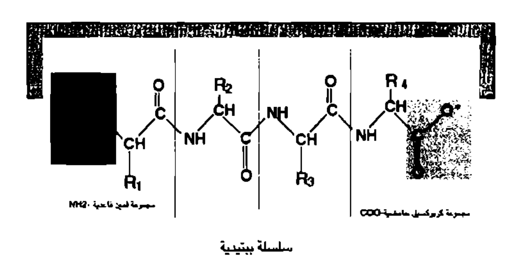
4 - سلسلة جانبية مرتبطة بالذرة (c).

وتختلف هذه السلسلة من حمض أميني إلى آخر. (شكل 19).



(الشكل19)
بنية الحمض الأميني

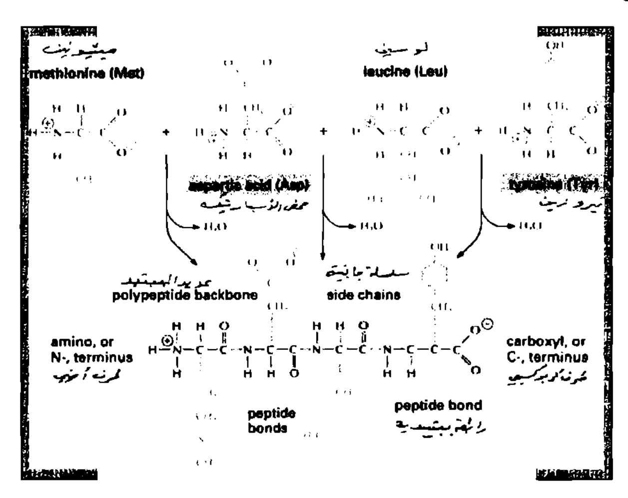
إذا اتحد حمض أميني مع آخر تشكلت بينهما رابطة ببتدية Co-N H ونتج مركب يسمى ثنائي الببتيد أي مؤلف من حمضين أمينين، وإذا تكررت العملية نتج عديد الببتيد الذي يبدأ بالزمرة الأمينية NH2 وينتهي بالزمرة الحمضية C-o OH (شكل 20).



سلسلة ببتيدية

(الشكل 20) عديد الببتيد

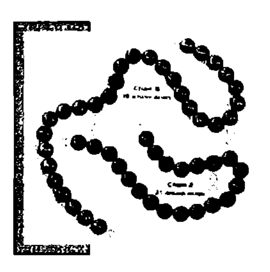
كل بروتين يتألف من اتحاد عشرات الحموض الأمينية لذلك فالبروتين عبارة عن عديد الببتيد ويتضح كل ذلك من الشكل الثاني (شكل 21).



(الشكل21)

اتحاد عدد من الحموض الأمينية لتشكيل عديد الببتيد

تتحد الحموض الأمينية بعضها مع بعض لتشكيل سلسلة كما في سلسلة الأنسولين البشري المؤلف من (51) حمضاً أمينياً (شكل 22) وهنالك بروتينات مؤلفة من مئات الحموض الأمينية.



(الشكل22)
بنية الأنسولين البشري

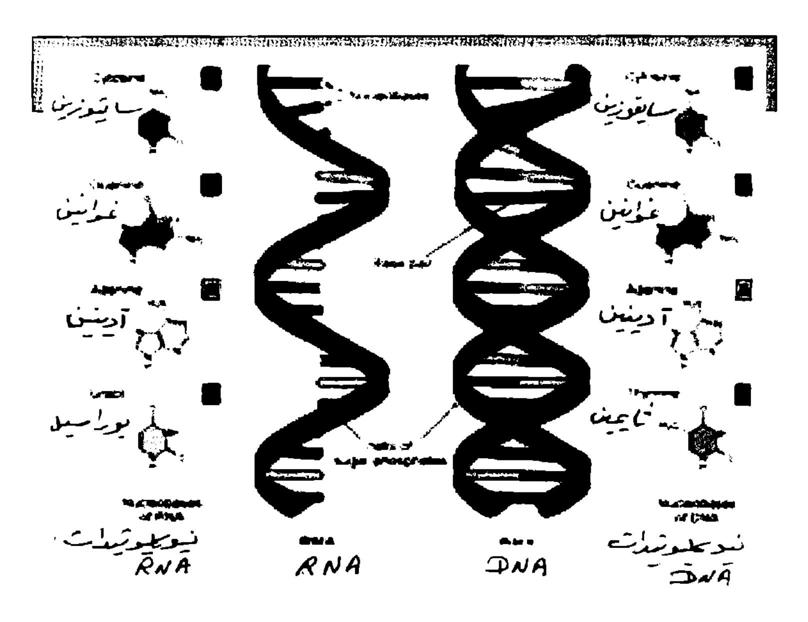
تلتف السلسلة الأولية على نفسها لتؤلف بنية ثانوية ثم ثالثية ثم رابعية.

لمحة عن الحموض النووية

اكتشف الحمض النووي (DNA) في الكريات البيض للإنسان عام 1870 ولم يعرف دوره آنئذ. وفي العشرينيات من القرن العشرين تبين أنه مكون رئيس في الصبغيات (كروموزومات) الموجودة في جميع نوى الخلايا الحية. ثم اكتشف نوع آخر من الحموض النووية (RNA).

* يتألف الحمض النووي الريبي المنقوص الأوكسجين (DNA) من طاقين (أو سلسلتين) ملتفين حلزونياً. وأحد الطاقين نشيط فعال في المورثة التي يحويها والمشرفة على صنع نوع من عديد الببتيد.

أما الحمض النووي الريبي (RNA) فمن طاق واحد أو سلسلة واحدة كما في (الشكل 23)



(الشكل23) يتألف DNA من طاقين وRNA من طاق واحد

كل طاق من DNA أو RNA يتألف من ارتباط عدد كبير من النيوكليوتيدات أي إن الحموض النووية عديدات النيوكليوتيد.

كل نيوكليوتيد يتألف من:

1 – جذر فوسفاتي (من حمض الفوسفور) في DNA وRNA.

2 – سكر ريبي منقوص الأوكسجين (Deoxyribose C5 H10 O4) في DNA.

وسكر ريبي (C5 H10 O5) Ribose في RNA.

3 – أساس آزوتي (Nitrogen base) وهو واحد من أربعة

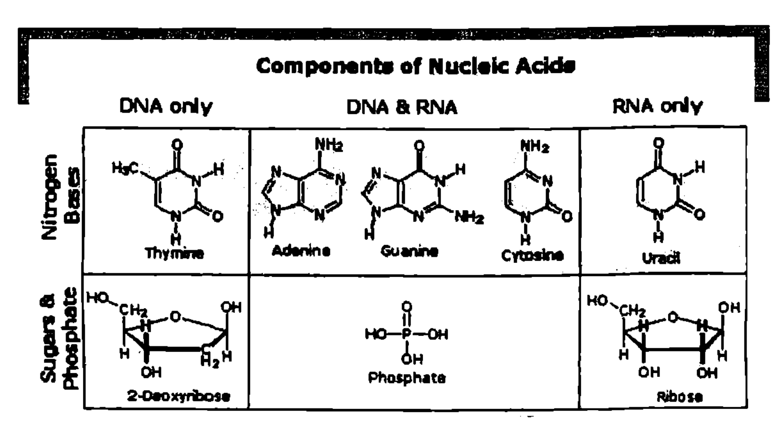
أ – آدينين في DNA وRNA ويرمز إليه بـ A.

ب - سايتوزين في DNA وRNA ويرمز إليه بـ C.

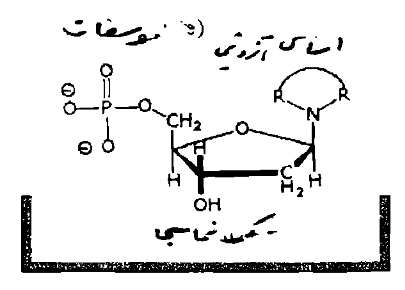
ج - - غوانين في DNA وRNA ويرمز إليه بـ G.

د - ثايمين في DNA فقط ويرمز إليه بـ T.

هـ - يوراسيل في RNA فقط ويرمز إليه بـ U. (شكل24)



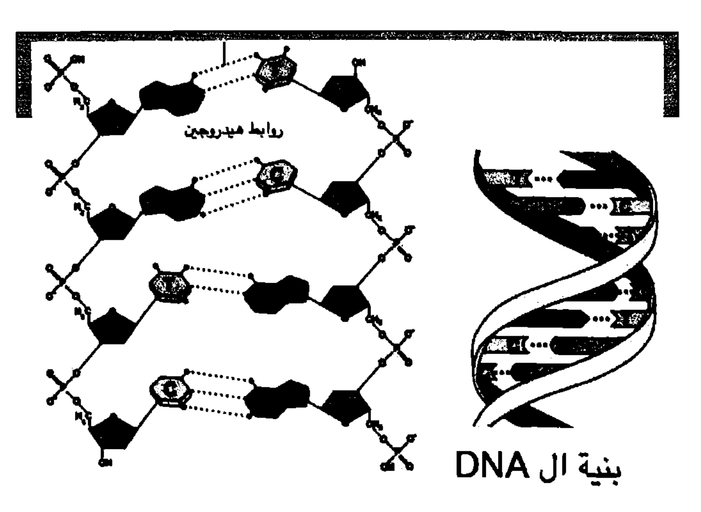
تركيب النيوكليوتيد



مكونات الحموض النووية

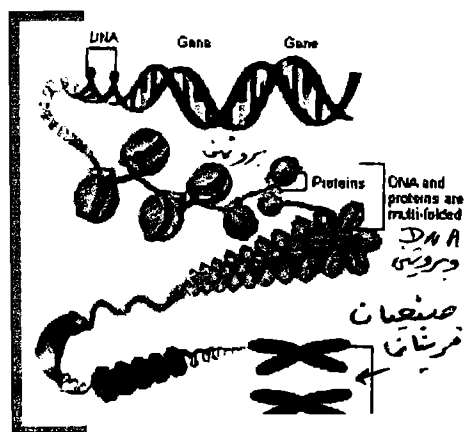
(الشكل24) مكونات النيوكليوتيد في DNA وRNA

وتمثل البنية التفصيلية للـDNA كما في (الشكل25)



(الشكل25) بنية DNA

نلاحظ مما سبق أن الصبغي (كروموزوم) يتألف من بروتين وDNA (شكل 26) والـDNA يتألف من مئات المورثات (جينات)، والمورثة مؤلفة من عشرات النيوكليوتيدات والنيوكليوتيد مؤلف من اتحاد حمض فوسفور مع سكر ريبي منقوص الأوكسجين مع أساس نتروجيني.



الشكل(26)
بنية الصبغيات
(الكروموزومات)
(Chromosomes)

يتم الارتباط بين طاق وآخر من DNA بروابط هيدروجينية ضعيفة، سهلة التكون وسهلة التفكك، مما يساعد على قدرة DNA على التضاعف الذاتي.

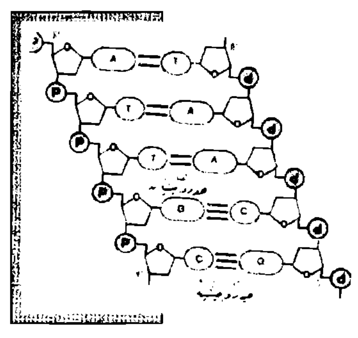
توجد قاعدة للارتباط بين الأسس النيتروجينية (الآزوتية):

- الآدينين (A) يرتبط مع الثايمين (T) في DNA ومع اليوارسيل (U) في RNA.
- السيتوزين (C) يرتبط مع الغوانين (G) في DNA وRNA.
- تتشكل بين الآدينين والثايمين رابطتان هيدروجينيتان A......T

وبين السيتوزين والغوانين ثلاث روابط هيدروجينية c......G (شكل 27).

من المفيد أن نتذكر ونتعرف إلى المعلومات التالية:

■ المورثة جزء من أحد طاقي DNA تتألف من عشرات النيوكليوتيدات وتشرف على صنع عديد ببتيد نوعي في البروتينات، ويحوي الطاق عشرات ومئات المورثات.



الشكل(27)
الروابط الهيدروجينية
بين الأسس النيتروجينية في DNA

■ كل ثلاثة نيوكليوتيدات متتالية في الطاق الفعال تؤلف شيفرة لارتباط

نوع معين من الحموض الأمينية دون غيره في السلسلة الببتيدية. وكل ثلاثة نيوكليوتيدات مقابلة لها في RNA المرسال تؤلف ما يسمى الرامز (codon) وهو شيفرة للنوع نفسه من الحموض الأمينية.

- يوجد نوع واحد من DNA من حيث الوظائف، وثلاثة أنواع من RNA هي:

1 - RNA المرسال (Messenger) m RNA.

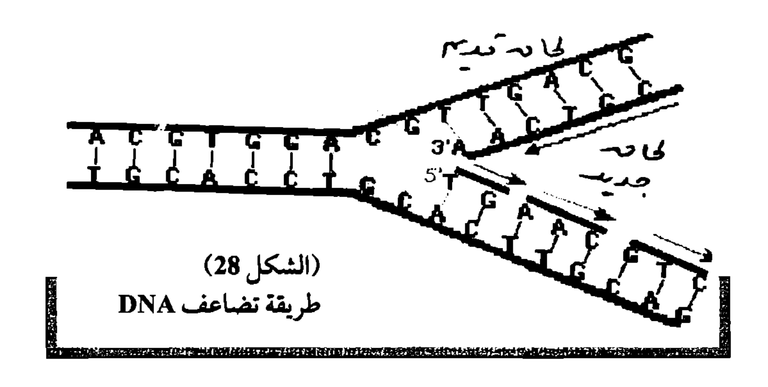
2 - RNA الناقل (Transfer) t RNA.

3 - RNA الريباسي (Ribosomal) r RNA.

وظائف DNA

يقوم DNA في جميع الخلايا بالوظائف التالية

1 - التكاثر: DNA وحده قادر على التضاعف الذاتي في الشروط اللازمة، فالجزيء الواحد يتضاعف إلى اثنين والجزيئان الناتجان يتضاعفان إلى أربعة وهكذا. وهذا يفسر قدرة الأحياء على التكاثر (شكل 28).



(الشكل 28)
طريقة تضاعف DNA

2 - التوريث: ينقل DNA التعليمات الوراثية من خلية إلى خلية ومن جيل إلى جيل وهذا يفسر قدرة الأحياء على توارث صفاتها النوعية.

3 - تركيب البروتين: تشرف المورثات وهي أجزاء من DNA على عملية تركيب البروتينات في الخلايا فهو ينسخ أنواع RNA المذكورة آنفاً وكل منها يسهم في عملية التركيب كما سنرى بعد قليل.

وظائف RNA

لكل نوع من RNA وظيفة خاصة كما يلي:

1 - وظيفة RNA المرسال ينقل التعليمات الوراثية المنسوخة عن المورثة في النواة إلى الريباسات في السيتوبلاسما.

2 - وظيفة RNA الناقل: يحمل كل نوع من RNA الناقل، نوعاً من الحموض الأمينية ويضعه في مكانه المحدد مقابل RNA المرسال، بحيث يتحقق تقابل رامز المرسال (codon) مع الرامز المعاكس للناقل (Anticodon).

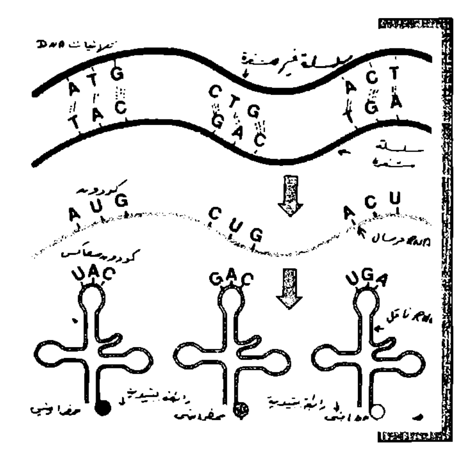
3 - RNA الريباسي: يدخل في تركيب الريباسات التي تؤلف أماكن تركيب البروتين.

تركيب البروتين

يتم تركيب البروتين في الخلايا وفقاً للمراحل التالية

1 - تقوم المورثة في السلسلة المشفرة من DNA النواة بنسخ

سلسلة موافقة من RNA المرسال الذي يحمل التعليمات الوراثية نفسها. (شكل 29).

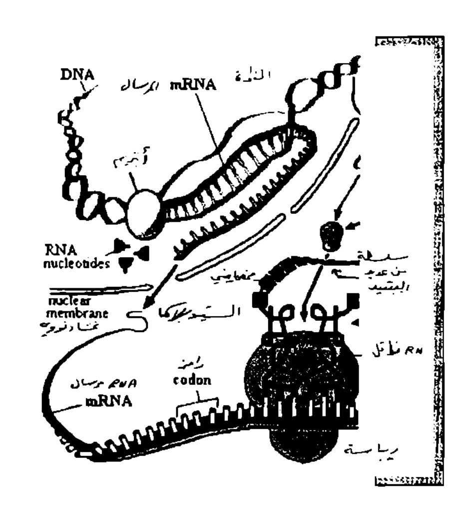


(الشكل29) مراحل صنع البروتين

2 - يغادر RNA المرسال النواة لتتوضع عليه ريباسة في الستيوبلاسما.

3 - تعمل RNA النواقل على حمل الحموض الأمينية الموافقة لتضعها مقابل RNA المرسال بحيث تتقابل الروامز المعاكسة (انتي كودون) من النواقل مع الروامز (كودون) من RNA المرسال.

4 - ترتبط الحموض الأمينية بعضها ببعض بروابط ببتيدية وتتشكل سلسلة من عديد الببتيد (شكل 30).



(الشكل 30) مراحل تركيب البروتين في الخلية

5 - تقوم ريباسة أخرى بالعملية نفسها فتتشكل عدة سلاسل ببتيدية على RNA مرسال واحد.

الآن بعد إعطاء فكرة عن البروتينات والحموض النووية وتركيب البروتين لضرورة ذلك في فهم الأبحاث التالية نعود لمتابعة المرحلة ما بعد داروين.

4 - تطور التطور

تزايد التأييد لنظرية داروين في التطور بمرور الوقت فتبناها تقريباً كل حقل علمي، فعلماء الفلك رأوا التطور ينطبق على تشكل النجوم والمجرات وعلى تاريخ الكون بأسره. وعلماء النفس يظنون أن كثيراً من العواطف وطرائق التفكير لدى الإنسان هي نتيجة الاصطفاء الطبيعي. كما أن علماء الاقتصاد وعلماء الإنسان والفلاسفة وغيرهم، بدأوا يدركون أن التطور بوساطة الاصطفاء الطبيعي يمتد إلى مجال أبعد من دنيا النباتات والحيوانات.

إن علماء اللغات اليوم مثلاً، يستندون إلى نظرية التطور في تتبع التغيرات التي أصابت اللغة عبر الزمن وتأكدوا أن المبادئ نفسها التي طبقها داروين على الحيوانات، يمكن تطبيقها على الكلمات أيضاً. فإذا أصبح استعمال إحدى الكلمات عديم النفع، يتوقف الناس عن استعمالها فالكلمة الإنكليزية (Couter) التي كانت تدل على جزء من اللباس المعدني السلاحي الذي يغطي المرفق، خرجت عن نطاق الاستعمال، لعدم وجود هذا اللباس حالياً. حذفها الاصطفاء الطبيعي.

وعلى العكس من ذلك عمل الاصطفاء الطبيعي فيما يتعلق بالكلمات التي ابتكرت حديثاً لضرورة استعمالها في الاكتشافات العلمية الحديثة مثل تعبير البريد الإلكتروني - (email) -.

5 - المعركة حول التطور حالياً

إذا كان أغلب العلماء الآن يسلمون بنظرية التطور فلماذا لا يزال الجدل يدور حولها؟

يختلف النقاش الحالي عما كان عليه في عصر داروين، إذ كان على داروين أن يحارب على جبهتين في الوقت نفسه:

أولاً: كان عليه الإثبات أن التطور يحدث فعلاً.

ثانياً: إن الاصطفاء الطبيعي هو السبب الرئيس في حدوث التطور.

أما الآن فقد انحرف مجال المعركة. لم يعد أدنى شك لدى مجتمع العلماء أن التطور قد حدث واستمر في الحدوث وأن الاصطفاء الطبيعي سبب في حدوثه والجدل الوحيد المتبقي، هو مقدار تأثير الاصطفاء الطبيعي في التطور. هل هو العامل الوحيد كما فكر داروين، أم هناك ثمة عوامل أخرى تسهم في ذلك؟

إن الجدالات المماثلة لذلك شائعة بين العلماء وفي جميع الحقول. هكذا يتصرف العلماء فعلاً، يبقى النقاش دائماً حول جوانب مختلفة إلى أن يوافق الجميع على صحة أحد الجوانب أو خطئه.

والحقيقة أنه لا يزال في الغرب عدد قليل من سيئي الاطلاع ومن

غير العلماء، وهم يصرون على أن التطور لم يحدث على الإطلاق لأنه يتناقض مع ما جاءت به التوراة. وبما أن هؤلاء يعتقدون بأن كل نوع حياتي خلق مستقلاً عن غيره، ولم يطرأ عليه أي تعديل في خلقه فقد لقبوا «بالخلقيين» (Creationists).

عندما يحاول الخلقيون إثبات وجهة نظرهم يقولون غالباً: «ألا ترى أن العلماء الطبيعيين أنفسهم لا يزالون على نقاش حول التطور؟ فإذا هم لم يصلوا إلى الاتفاق، فكيف نتوقع من بقية الناس قبول حدوث التطور؟ وإذا لم يُبت بالموضوع بعد، فمن المستحسن التريّث وعدم التشديد على حقيقة التطور».

يبدو أن لديهم بعض الحق للوهلة الأولى، صحيح أن العلماء لا يزالون في حوار حول التطور، ولكن هذا الحوار ليس حول وجود التطور كما ذكرنا منذ قليل، إنهم متفقون على حقيقة التطور، وهم يتناقشون حول التفاصيل لكيفية حدوثه. ومع ذلك لا يتابع أغلب الناس بدقة، على ماذا يتحاور العلماء فيما يتعلق بالتطور، إنهم يعلمون فقط أن العلماء في جدل حول شيء ما.

وهكذا، فإن ادعاء الخلقيين بأن التطور ليس حقيقة علمية مقبولة، دعا العديد من الناس في العالم إلى الاعتقاد بصحة ذلك.

6 – التطور في المدارس الأميركية

الحرب الحالية مستعرة بين الخلقيين والعلماء، وتدور في أغلب الأحيان فيما إذا كان يجب تدريس التطور في المدارس.

يدعي الخلقيون، كما ذكرنا، أنه لم يتم إثبات حقيقة التطور البتة. فينبغي إذن، أن يبقى خارج نطاق المدارس. ومن الطبيعي أن يصرح العلماء الطبيعيون بعكس ذلك، فيعلنون أن التطور حقيقة مثل أية نظرية علمية أخرى ويجب أن يكون جزءاً من تربية أي تلميذ.

يعامل التطور في أغلب الولايات المتحدة الأميركية بصورة لا تختلف عن أي من مظاهر العلم. للمعلمين الحرية في تعليمه إن أرادوا. والأمر يختلف في بعض الولايات مثل ولاية اركنساس وولاية كنساس وولاية آلاباما. حيث صدرت حديثاً قوانين أو توجيهات تحد أو تقيد تدريس التطور وتسمح بتدريس النظرية الخلقية في بعض الصفوف العلمية. لا شك أن هذه القوانين تنطوي على نوع من التحدي ولكنها ليست ناجحة دائماً.

إن الصراع بين العلم والنظرية الخلقية متواصل في جميع أنحاء البلاد، وأصبح أكثر من نصف الولايات يجادل من وقت إلى آخر حول تدريس التطور.

7 – الخطوة التالية في التطور

استمر العلماء من مختلف الحقول في دراسة التطور وتأثيراته اليومية.

لم تكتشف في عهد داروين أحافير تتعلق بتطور النوع البشري، فكان يفترض وجود علاقة بين الإنسان والقردة بناء على أدلة غير مباشرة. أما الآن فلدى العلماء الدليل المباشر الذي كان ينقص

داروين. ففي نصف القرن الأخير اكتشف علماء الإنسان آلاف الحلقات الانتقالية وبينوا أن الإنسان العاقل (Homo sapiens) تطور في أفريقيا الشرقية منذ (200) ألف سنة. وعادت بنا الأحافير إلى أبعد من ذلك، فأظهرت وجود أسلاف الإنسان بالفعل والتي كانت تشابه القردة (سنشرح ذلك بإسهاب في بحث نشوء الحياة وتطورها).

كما أن التحاليل المعقدة للحمض النووي DNA أوضحت أن النوع البشري على صلة من القرابة مع الشمبانزي والغوريلا كما توقع داروين وهكسلي.

8 – هل ثمة مجال للعلم واللاهوت معاً؟

هل هنالك في الحقيقة صراع بين فكرة التطور والخلق الإلهي؟

يشعر العديد من الناس بالراحة التامة في قبولهما معاً، وأول من فعل ذلك، الإكليريكي تشارلز كنغسلي الكاتب المتدين الشهير الذي قال لداروين: «أليس خارقاً ومعجزاً أن يكون الله قد خلق الشكل الحياتي الأصلي، ثم تطور هذا الشكل إلى ملايين الأشكال الأخرى؟».

يرى كنغسلي وكثير من المتدينين في الوقت الحاضر أن ذلك يبدو أكثر إدهاشاً وإعجازاً من أن يخلق الله كل نوع مستقلاً عن الآخر.

سُرّ داروين كثيراً برأي كنغسلي واستشهد به في الطبعة الثانية من كتاب أصل الأنواع.

لكن أولئك الذين يصرون على أن كل كلمة في الكتاب المقدس

هي صحيحة حرفياً فقد أزعجتهم أفكار داروين، مع أن نظرية التطور لا تتعارض إلا مع مقطع قصير فقط في التوراة، فماذا نقول عن العديد من المقاطع الأخرى التي هي إما غير منطقية وإما مناقضة للعلم وإما غير صحيحة تاريخياً؟ واحد منها مثلاً، إذا كان آدم وحواء الوحيدين من البشر، وأن قابيل وهابيل ابناهما فقط. فمن أين أتت المرأة التي تزوجها قايين كما ينص سفر التكوين في التوراة؟ وهنالك أمثلة مشابهة كثيرة لا حاجة لذكرها وقد دار نقاش طويل حولها في أيام داروين.

لم يقصد داروين قط، إحداث شرخ بين العلم والدين، كان يحاول فقط وصف الطبيعة كما رآها. وكثيرون هم الآن الذين يؤمنون بأن تكون متديناً وتقبل الحقائق العلمية في الوقت نفسه، يعتقدون أن الله خلق الحياة الأولى على الأرض وأن جميع القوانين المدهشة، بما في ذلك التطور، نتج من ذلك. أن تقبل فكرة التطور لا يعني أن تتخلى عن مشاعرك الدينية الخيّرة ومبادئك الروحية السامية.

القسم الثالث

أدلة حدوث التطور ونظريات التطور

في هذا القسم من الكتاب يتم شرح بعض الأفكار الحديثة عن التطور بالتعرف إلى نواح علمية جديدة ومعقدة يصعب على غير المتخصص فهمها، وهو لا يحتاج إليها كي يطلع على التطور، إنما يمكنه الاكتفاء بما تضمنه القسم الأول من الكتاب. لكن المتخصصين في العلوم والتواقين إلى التعمق في المعرفة يحتاجون إلى أدلة أكثر وأوضح وإلى عرض الآليات والنظريات المختلفة الحديثة عن التطور، وسنحاول تحقيق الغرض في هذا القسم. وقد نضطر إلى تكرار كثير من الأفكار الواردة في القسم الأول ولكن بشكل أكثر تفصيلاً، والحجة في ذلك هو أن بعض القراء قد يطلع على القسم الأول وحده وبعضهم يطلع على القسم الثاني فقط. وأرجو المعذرة إن ابتعدت في ذلك عن الصواب.

الفصل الأول: أدلة حدوث التطور

تمّت الإشارة في القسم الأول والقسم الثاني، إلى عدة أدلة وبراهين على حدوث التطور، أما الآن فيجري عرض مجموعة منها مع التوسع والتفصيل ما أمكن وتقديم أنماط حديثة جداً في هذا الشأن.

أولاً: أدلة علم الأحافير (المستحاثات Paleontology)

يزودنا السجل الأحفوري بلقطات فوتوغرافية عن الماضي، تؤلف عند تجميعها نظرة شاملة إلى التغيرات التطورية على مدى البلايين من السنين وقد تكون الصورة ملطخة مشوشة في بعض الأمكنة، أو ينقصها بعض الأجزاء، غير أن الأدلة الأحفورية تبدي بوضوح أن الحياة مغرقة في القدم وأنها تبدلت عبر الزمن. وإنه لمن السهل التعرف إلى كيفية تطور مجموعة من المتعضيات بترتيب سجلاتها الأحفورية في تتابع زمني، يمكن تحديده. لأن الأحافير توجد رئيسياً في الصخور الرسوبية، والصخور الرسوبية تكونت على شكل طبقات من الطمي والطين والمواد الكلسية بعضها فوق بعض، وبذلك تؤلف الصخور الناتجة سلسلة من الطبقات الأفقية. وكل طبقة تتضمن مستحاثات مخصصة لبرهة زمنية معينة تدل على وقت تشكلها. فالطبقة الدنيا تحتوي على الصخر الأقدم والمستحاثات الأقدم، في حين أن الطبقة العليا تتضمن الصخر الأحدث وبالتالي المستحاثات الأحدث.

يمكن رؤية متوالية من النباتات والحيوانات بوساطة المكتشفات الأحفورية وعن طريق دراسة عدد الأحافير المختلفة وتعقيدها في سويات طبقية متباينة، اتضح أن الصخور الأقدم الحاوية على المستحاثات تحوي أنماطاً أقل وأبسط من المتعضيات التي تحجرت.

بينما تحوي الصخور الأقل عمراً تشكيلات أكبر من المستحاثات المتزايدة، على الغالب، في تعقد بنياتها.

يبين السجل الأحفوري أن العديد من الأنواع التي تظهر في سوية طبقية باكرة تختفي في سوية متأخرة. ويفسر ذلك بالمفهوم التطوري كإشارة إلى زمن نشوء النوع وزمن انقراضه.

إن المناطق الجغرافية والشروط المناخية كانت تختلف خلال التاريخ الأرضي، وبما أن المتعضيات متكيفة لبيئات خاصة، فالشروط المتبدلة ترجّح بقاء الأنواع التي تكيفت مع البيئات الجديدة من خلال آلية الاصطفاء الطبيعي.

وعلى الرغم من قلة الشروط المناسبة للاستحاثة أو التحجر، فقد عرف ما يقارب (250) ألف نوع من المستحاثات. وإن عدد المستحاثات الفردية الممثلة لذلك يختلف من نوع إلى آخر، وقد وصل إلى الملايين. وعلى سبيل المثال: نذكر أن أكثر من ثلاثة ملايين مستحاثة من نهاية العصر الجليدي، اكتشفت في لابريا التابعة لمنطقة لوس انجلوس في الولايات المتحدة الأميركية.

والعديد من المستحاثات لا يزال تحت التراب في تشكيلات جغرافية مختلفة، تتضمن كثافة عالية من المستحاثات كما في تشكيلة بوفورت من جنوب أفريقيا الغنية بأحافير الفقاريات مثل الثيرابسيد (أشكال انتقالية بين الزواحف والثدييات)، وقدر أن هذه التشكيلة تحتوي على (800) بليون مستحاثة فقارية.

يؤلف السجل الأحفوري مصدراً هاماً للعلماء في تتبعهم التاريخ التطوري للمتعضيات. ونظراً إلى محدودية أنواع المستحاثات المتوافرة في السجل الأحفوري، فلا تسلسل دقيقاً للأشكال الانتقالية بين المجموعات المرتبطة من الأنواع، وهذا النقص في استمرارية المستحاثات في السجل، هو حائل كبير دون تتبع أنسال الزمر البيولوجية. وعندما يتم العثور على أحافير انتقالية فهذا يدل على أشكال وسطية لما كان يؤلف في السابق فضوة في المعرفة أو ما يسمى عموماً «الحلقات المفقودة».

هنالك فضوة بحوالى (100) مليون سنة بين بداية الكمبري ونهاية الأوردوفيشي. فبداية عصر الكمبري كانت الفترة التي وجدت فيها الرخويات (كالحلزون) ومفصليات الأرجل (كثلاثيات الفصوص). وإن أول حيوان تمتع بالمظاهر النموذجية للفقاريات هو الآراندسبس (Arandaspis) الذي وجد في نهاية العصر الأوردوفيشي. فعدد المستحاثات الوسطية المتوافر قليل أو معدوم بين اللافقاريات والفقاريات في هذه الفترة. ونذكر فيما يلي أسباب هذا النقص:

1 – احتمال تحجر المتعضية ضئيل جداً بصورة عامة.

2 – بعض الأنواع رخو الأجسام يصعب تحولها إلى مستحاثات.

3 – بعض الأنواع أو المجموعات تعيش وتموت في شروط غير ملائمة للتحجر.

4 – كثير من المستحاثات يتحطم خلال عمليات الحت والحركات التكتونية.

5 – أغلب المستحاثات محطمة متكسرة.

6 – يحدث بعض التغير التطوري في الجماعات في حدود المجال البيئي للنوع، وطالما أنه قد تكون هذه الجماعات صغيرة العدد فاحتمال التحجر أقل.

7 – عندما تتبدل الشروط البيئية تتناقص جماعة النوع بسرعة كبيرة لدرجة يصبح معها أي تغير تطوري ناتج من هذه الشروط الجديدة أقل احتمالاً في عملية التحجر.

8 – أغلب المستحاثات (الأحافير) تزود بمعلومات عن الشكل الخارجي وبقليل عن كيفية عمل المتعضية.

9 – إن النظر إلى الاختلاف البيولوجي الحالي كدليل يقودنا إلى الافتراض بأن المستحاثات المكتشفة لا تمثل سوى جزء ضئيل من العدد الهائل لأنواع المتعضيات التي عاشت في الماضي.

من الأمثلة المتميزة عن المستحاثات نذكر مثال تطور الحصان بإيجاز، لأننا سنشير إلى ذلك بالتفصيل الموسع لاحقاً.

تطور الحصان

تبدأ مراحل تطور الحصان بحيوان صغير دعي الهيراكوثيريوم (Hyracotherium) والمعروف باسم الإيوهيبوس (Eohippus) الذي عاش في أميركا الشمالية منذ حوالى (54) مليون سنة ثم انتشر عابراً إلى أوروبا وآسيا. وإن بقايا مستحاثات الهيراكوثيريوم تظهر أنه يختلف عن الحصان الحالي بثلاثة اعتبارات هامة:

1 - كان حيواناً صغيراً قدر الثعلب، خفيف البنية متكيفاً مع الجري.

2 - الأطراف قصيرة ونحيفة والقوائم متطاولة والأصابع متعامدة معها تقريباً. للقائمة الأمامية أربع أصابع وللخلفية ثلاث.

3 - القواطع صغيرة، وللأرحاء تيجان خفيضة وذات نتوءات مستديرة مغطاة بالميناء.

إن المجرى المحتمل لتطور الحصان من الهيراكوثيريوم إلى الاكيوس (الحصان الحالي) يشتمل على (12) جنساً وعدة مئات من الأنواع. ويمكن اختصار هذا التطور استجابة لتغير البيئة كما يلي: (شكل 31).

1 - تزايد الحجم من (40) سم إلى (150) سم.

2 - استطالة الأطراف والقوائم.

3 - ضمور الأصابع الجانبية.

4 - تزايد طول الإصبع الثالثة وثخانتها.

5 - تزايد عرض القواطع.

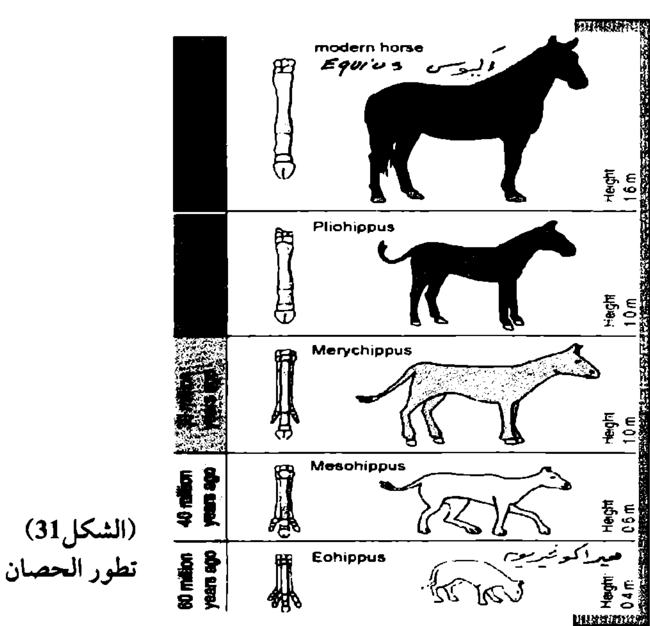
6 - حلول الأرحاء محل الضواحك.

7 - تزايد طول الأسنان وارتفاع تيجان الأرحاء.

تدل مستحاثات النباتات التي وجدت في الطبقات المختلفة بأن منطقة المروج والغابات التي عاش فيها الهيراكوثيريوم أخذت بالتجفاف تدريجاً فتوقف البقاء عندئذ على وضعية الرأس المرتفعة من أجل توفير رؤية جيدة للمحيط وعلى سرعة الجري للنجاة من

الضواري، وبالتالي التزايد في الحجم وتشكل القدم الحافرية بدلاً من القدم الممتدة إلى الخارج. فالأرض الجافة والقاسية جعلت هذه القدم الواسعة غير صالحة جيداً للدعم.

أما تبدل الأسنان فيمكن تفسيره بالافتراض أن الغذاء تبدل من النباتات الطرية إلى الأعشاب. (أنظر إلى شرح أكثر تفصيلاً عن تطور الحصان في آلية حدوث التطور).



(الشكل31)
تطور الحصان

ثانياً : أدلة من التشريح المقارن (Comparative anatomy)

إن الدراسة المقارنة لتشريح الزمر الحيوانية والنباتية تظهر أن بعض المظاهر البنيوية متشابهة بصورة أساسية. فعلى سبيل المثال:

إن البنية الأساسية لجميع الأزهـار تتضمن الكأسيات (سبلات) والتويجيات (بتلات) والميسم والقلم والمبيض. ومع ذلك فإن الحجم واللون وعدد الأجزاء والبنية الخاصة مختلفة بحسب الأنواع.

فيما يلي عرض موجز لبعض حالات التشريح المقارن:

أ - العودة إلى الأصول (Atavism)

هي حالة تطور ارتجاعي كظهور بعض الصفات من جديد بعد أن اختفت منذ أجيال عديدة. وسببها احتفاظ الـ DNA بمورثات (جينات) لبعض الصفات. لكن هذه المورثات لا تعبر عن ذاتها ظاهرياً في أغلب المتعضيات التي تملكها. ومن أمثلتها (شكل 32).

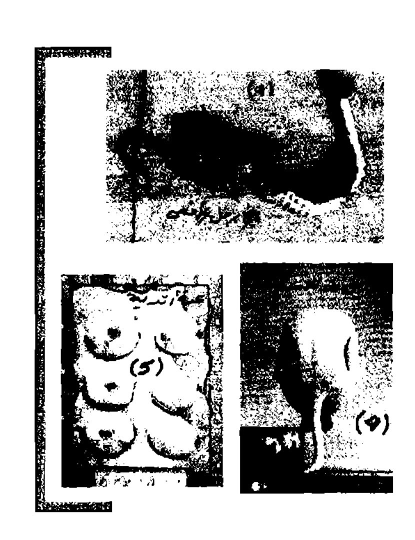
1 - ظهور الأرجل الخلفية في بعض الأفاعي أو الحيتان.

2 - ظهور أصابع إضافية لدى بعض الحافريات وهذه الأصابع لا تصل إلى ملامسة الأرض.

3 - ظهور الأسنان عند الدجاج.

4 - تشكل الأذناب عند بعض البشر.

5 - وجـــود أكـثـر من حلمتين أو أكثر من ثديين عند الإنسان.



(الشكل32) ظهور صفات مختفية

ب – بيولوجيا النمو والتشكل التطوري والتشكل الجنيني

بيولوجيا النمو والتشكل التطوري (Evolutionary developmental biology) حقل بيولوجي يقارن بين حادثات النمو والتشكل لمختلف المتعضيات، كي يحدد العلاقة السلفية بين الأنواع. وإن تشكيلة كبيرة من جينومات (ذخائر وراثية) المتعضيات، تحتوي على جزء صغير من الجينات التي تتحكم في نمو وتشكل الأفراد. مثال ذلك جينات هوكس (Hox genes) وهي جينات أساسية تشير إلى أصل السلف المشترك.

إن الدليل الجنيني على التطور يتأتى من نمو وتشكل المتعضيات في المرحلة الجنينية وبمقارنة التشابه بين أجنة المتعضيات المختلفة. إن بقايا صفات الأجداد تظهر وتختفي غالباً في مراحل مختلفة من حادثات النمو والتشكل الجنيني، مثال ذلك:

1 – نمو الشعر وفقدانه خلال التشكل الجنيني البشري.

2 – ظهور أشكال انتقالية سمكية ثم برمائية ثم زاحفية ثم لبونة في جميع أجنة اللبونات (شكل 33).

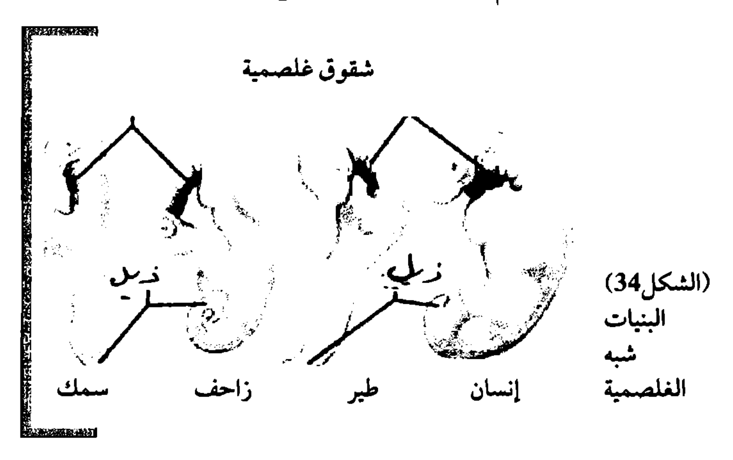


(الشكل33)
تطور أجنة بعض الفقاريات

3 - تشكل ثم ضمور الكيس المحي.

4 - الضفادع (البرمائيات) والسمادل تمر في مرحلة اليرقانة داخل البيضة، على هيئة يرقانة مائية النموذج ولكنها تفقس جاهزة للعيش على اليابسة.

5 - ظهور بنيات شبه غلصمية (خيشومية) خلال النمو والتشكل الجنيني للفقاريات، وهي الأقواس البلعومية التي تتحول إلى غلاصم عند الأسماك وإلى البلعوم عند الإنسان (شكل 34).



(الشكل34) البنيات شبه الغلصمية

ج - التشابه البنيوي والتطور التكيفي التباعدي

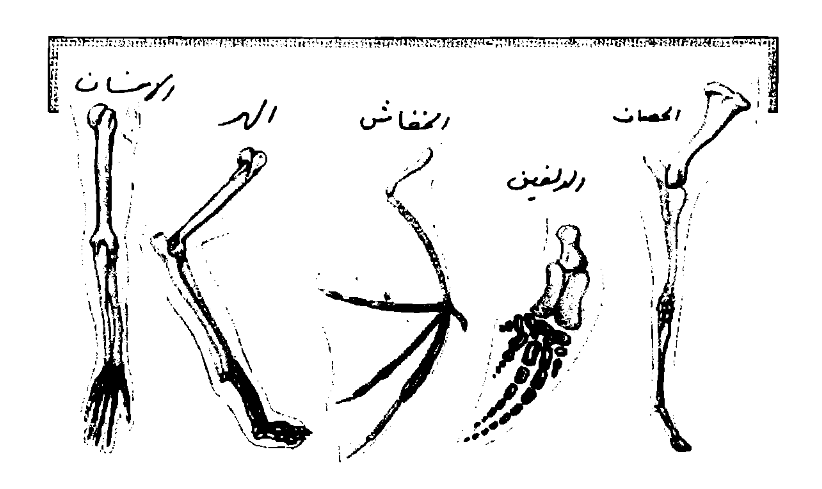
إذا كانت زمر المتعضيات المنفصلة بعضها عن بعض بصورة واضحة، منبثقة من سلف مشترك، فمن المتوقع أن يكون لها بعض المظاهر الأساسية المشتركة. وإن درجة التشابه بين متعضيتين يجب أن تدل على رابطة القرابة بينهما في عملية التطور، آخذين في الاعتبار المعايير التالية:

1 - الزمر الأقل تشابهاً، يفترض أنها تشعبت من سلف أقدم في التاريخ الجيولوجي من الزمر الأكثر تشابهاً.

2 - عند تقدير درجة رابطة القرابة الحيوانية، فإن علم التشريح المقارن يعتبر البنيات المتشابهة بصورة أساسية حتى ولو كانت تقوم بوظائف مختلفة في مرحلة البلوغ، وتوصف هذه البنيات بأنها متشابهة (التشابه البنيوي Homologous structure)، وتفترض وجود أصل مشترك واحد.

3 - في حالة التشابه البنيوي يجب تتبع أثر أصل البنيات وتطور تشكلها الجنيني. والتشابه في هذا التطور يفترض أنها البنيات نفسها، ومن المحتمل أن تكون مشتقة من جد أو سلف مشترك.

عندما تشترك مجموعة من المتعضيات ببنية متشابهة ولكن تختلف بالوظائف التي تخصصت للتلاؤم مع بيئات متباينة في الشروط وفي طرز الحياة، نكون أمام ما يسمى (الإشعاع التكيفي - Adaptive radiation) وإن الانتشار والتوسع التدريجي للمتعضيات بالإشعاع التكيفي يسمى (التطور التباعدي - Divergent evolution) مثال ذلك يد الإنسان وساق الهر وجناح الخفاش وزعنفة الدلفين وقائمة الحصان وجناح الطائر... إلخ (شكل 35).



(الشكل35) المقارنة بين بنية أطراف الفقاريات

د - تسلسل الزمر الهرمي والتصنيف

التصنيف مبني على الحقيقة بأن كل المتعضيات مرتبطة بعضها ببعض في تسلسل هرمي مؤسس على خصائص مشتركة، وأن أغلب الأنواع الموجودة تنظم بسهولة في تصنيف هرمي التسلسل، وهذا واضح في مخطط تصنيف العالم لينيه. حيث تجميع الأفراد الأكثر تشابهاً في نوع (Species) والأنواع في جنس (Genus) والأجناس في فصيلة (Family) والفصائل في رتبة (Order) والرتب في صف (Class) والصفوف في شعبة (phylum) والشعب في مملكة (Kingdom).

عرف التسلسل الهرمي للزمر عدد من البيولوجيين قبل داروين، ولكن داروين هو الذي أوضح أن نظريته في التطور بما تتضمنه من نماذج متفرعة لسلف مشترك يمكن أن تفسر ذلك التسلسل.

هـ- البنيات الأثرية (الضامرة)

تقدم الأعضاء الضامرة أو الأثرية (vestigial structures) دليلاً مباشراً قوياً للسلف المشترك، وهذه البنيات أصغر وأبسط من الأجزاء الموافقة في الأنواع السالفة. وهي على الغالب ناتجة من ضمور الأعضاء الأساسية، ويفسر وجودها على ضوء تغيرات البيئة أو طرز عيش الأنواع. وقد كانت وظيفية بصورة نموذجية في أنواع الأسلاف وهي الآن:

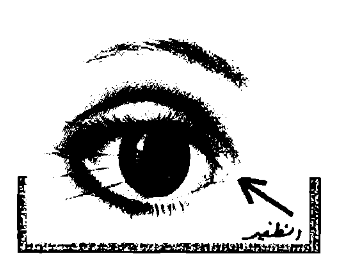
* إما فاقدة الوظيفة مثل العصعص عند الإنسان - (شكل36) وهو بنية ضامرة لذيل الأسلاف.



(الشكل36)
عصعص الإنسان

وظفير العين عند الإنسان وهو بقية الجفن الثالث (شكل 37) والزائدة الدودية، وأضراس العقل، وأعضاء أخرى.

* أو أنها تحولت إلى وظيفة أخرى، مثل الأجنحة الخلفية عند الذباب التي تحولت إلى أعضاء للتوازن أثناء طيران الحشرة، ومثل أجنحة النعامة التي أصبحت تستعمل



(الشكل37)
ظفير عين الإنسان

في طقوس الاقتران. أمثلة الأعضاء الضامرة كثيرة للغاية نذكر بعضها عند الإنسان كما في (الشكل 38).



(الشكل38) أعضاء أثرية ضامرة عند الإنسان

ثالثاً: أدلة من علم الفيزيولوجيا المقارن والكيمياء الحيوية

أ - أدلة علم الوراثة

أحد الأدلة الأقوى على الأصل المشترك، يتأتى من دراسة تتابع الجينات (المورثات) في الحمض النووي DNA. والتحليل التتابعي المقارن يفحص العلاقة بين التتالي في DNA لدى الأنواع المختلفة، منتجاً عدة خطوط من الأدلة التي تؤكد الفرضية الأصلية لداروين عن الأصل المشترك. وإذا صحت هذه الفرضية فإن الأنواع التي تنحدر من سلف مشترك تكون قد ورثت التتالي في الحمض النووي DNA لهذا

السلف، وسيكون للأنواع الأكثر قرابة نسبة أكبر من التتالي المتطابق خلافاً للأنواع الأقل قرابة.

إن الدليل الأقـوى والأبسط يكون بإعادة البناء السلالي، وخصوصاً المنجز بوساطة التتابع البروتيني التطوري البطيء، حيث يمكن استخدامه في إعادة بناء مقدار كبير من التاريخ التطوري للمتعضيات الحديثة (وفي بعض الحالات كإحياء التتابع الجيني للماموث والإنسان النياندرتالي).

إن أغلب عمليات إعادة البناء التفصيلية، أُنجز على أساس الجينومات الميتوكوندرية المتوافرة لدى جميع متعضيات حقيقيات النوى التي هي قصيرة الطول وسهلة الترتيب. وإن أوسع عمليات إعادة البناء هذه تمت إما باستخدام التتالي في عدد قليل من البروتينات القديمة وإما باستعمال RNA الريباسي.

ب – التعضي الكيميائي العام والنماذج الجزيئية المختلفة

جميع المتعضيات الموجودة المعروفة مبنية بالتعضي البيوكيميائي الأساسي نفسه. فالتعليمات الوراثية مشفّرة على شكل حموض نووية (DNA وRNA فيروسي) تنسخ على شكل RNA مرسال ثم تترجم إلى بروتينات (متعددات الحموض الأمينية).

وهذا التشفير الوراثي هو نفسه لدى جميع المتعضيات تقريباً، بمعنى أن كل ثلاثة نيوكليوتيدات متتالية معينة في بكتيريا أو في إنسان، تشفر للحمض الأميني نفسه. كما أن ATP تستخدم كعملة من الطاقة لدى جميع الأحياء الموجودة.

إن الفهم العميق للنمو والتشكل البيولوجي يظهر أن المورفولوجيا العامة، ما هي في الحقيقة سوى نتاج العناصر الوراثية المشتركة، فحاسة العين مثلاً، على اختلاف أشكالها لدى الأحياء تشترك في مجموعة من البروتينات المستشعرة للضوء هي الأوبسين، ما يفترض نقطة من الأصل المشترك لكل المخلوقات ذات البصيرة.

ج – التتالي في DNA

المقارنة بين متتاليات DNA تسمح بتصنيف المتعضيات ضمن زمر تبعاً للتشابه بين متتالياتها. وإن شجرات النسب الناتجة منسجمة نموذجياً مع التصنيف التقليدي، وتستخدم غالباً لتعزيز أو تصحيح هذا التصنيف. وتعتبر هذه المقارنة مقياساً قوياً بشكل يكفي لاستعماله في تصويب الافتراضات الخاطئة في شجرة النسب، حيث تندر الأدلة الأخرى. مثال ذلك تبلغ نسبة المتتاليات المحايدة من DNA الإنسان والمختلفة عن الزمر الأقرب إليها وراثياً كما يلي:

الاختلاف مع الشمبانزي 1.2%.

الاختلاف مع الغوريلا 1.6%.

الاختلاف مع الببون 6.6%.

فالتتالي المورثي هذا يسمح بالاستدلال، وتعيين مقدار القرابة الوراثية بين الإنسان والقردة.

كما أن التتالي في مورثة القسم (165) من RNA الريباسي (وهي مورثة حيوية تشفر لقسم من الريباسة) قد استخدم لإيجاد العلاقة

النسبية الواسعة بين سائر أشكال الحياة الموجودة. وقد أَجرى التحليل أصلاً كارل ووز وبيّن أن الحياة الباكرة انفصلت إلى شقين أساسيين أدى الشق الأول إلى البكتيريات الحالية. والشق الثاني إلى أحاديات الخلية الحالية وحقيقيات النوى.

د - البروتينات

يدعم دليل البروتينات أيضاً السلف العام للأحياء. فالبروتينات الحيوية، كبروتين الريباسات وأنزيم بلمرة DNA وأنزيم بلمرة RNA توجد في جميع الأحياء من أكثر البكتيريات ابتدائية إلى أكثر الثدييات تعقيداً.

تحافظ كل السلالات الحية على القسم الجوهري من البروتينات وهو يقوم بوظائف متشابهة. كما أن المتعضيات الأرقى طورت وحيدات بروتينية إضافية تتحكم بشكل واسع في التنظيم والتفاعل المتبادل بين البروتينات الجوهرية.

والتحليل السلالي لتتالي الحموض الأمينية للبروتينات من متعضيات مختلفة يكشف عن شجرات من علاقات القربى متشابهة بين سائر المتعضيات. كما أن عدم التناظر (chirality) في ذرات الكربون ضمن DNA وRNA والحموض الأمينية الداخلة في تركيب البروتينات الحياتية، حافظت عليه جميع الأحياء المعروفة. ما يدل على الأصل المشترك لهذه الأحياء.

هـ - الجينات الزائفة (Pseudogenes)

تُعرف أيضاً باسم DNA غير المشفّر. وهو DNA فائض في الجينوم لا يقوم بنسخ RNA لصنع البروتين، لقسم منه وظائف معروفة، لكن القسم الأعظم مجهول الوظائف ويسمى DNA التافه أو النفاية Junk ويشكل 99% من الجينوم البشري (1% فقط DNA منشَّط).

يمكن للجينات الزائفة أن تنتقل إلى الأنواع المتأخرة واسمة إياها كأنسال من الأنواع الباكرة.

و - آليات أخرى

ثمة أيضاً عدد كبير من الأدلة الجزيئية المختلفة، على تبدلات تطورية واسعة، من بينها:

1 - تضاعف الجينوم والجينات

وهو يسهل التطور السريع عن طريق توفير مقادير جوهرية من المادة الوراثية وفق ظروف غير قاسية ولا اصطفائية، وهذه الظاهرة سلكتها النباتات خلال تطورها، وتطبق حالياً بصورة تجريبية، وأمكن الحصول عن طريقها على نباتات ذات صفات جديدة كالبطيخ عديم البذور الذي أنتجه علماء يابانيون منذ فترة.

2 - الانتقال الأفقي للجينات

وهو العملية التي يتم فيها انتقال المادة الوراثية إلى خلية أخرى ليست من سلالتها، ما يسمح للأنواع باكتساب جينات مفيدة، بعضها من بعض، وتراكيب وراثية جديدة قادرة على إعادة تصنيف عدد كبير

من الأليلات المختلفة (مورثات مختلفة لصفة وراثية واحدة، مثل أليلات الأحمر والأصفر والأبيض لصفة اللون) المختلفة وعلى تأمين الانعزال التكاثري. وإن نظرية التعايش الداخلي أو الضمني تفسر أصل الكوندريات والصانعات الخضراء التي هي عُضيّات في حقيقيات النوى (انظر بحث نشوء الحياة)، حيث حدث اندماج خلايا طليعية النوى قديمة مع خلايا حقيقية النوى قديمة وليس بالتطور البطيء لعضيات حقيقيات النوى.

وهذه النظرية تقدم آلية لقفزة تطورية فجائية باندماج المواد الوراثية والتراكيب الكيمياوية للأنواع المنفصلة. ونجد الدليل الداعم لهذه النظرية في الأوّلي المسمى هاتينا (Hatena). فهو كمفترس يبتلع خلية طحلبية خضراء فيسلك بعد ذلك سلوك متغذٍ داخلي التعايش ويفقد جهازه المغذي الأصلي ويتحول إل كائن ذاتي التغذية.

3. مورثة الهر الصغير

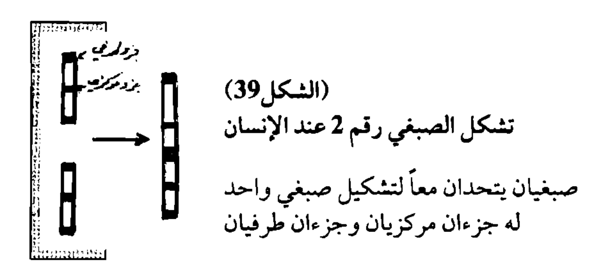
يوجد في جينوم فصيلة السنوريات مورثة داخلية النمو نجدها في الهر الصغير ولا نجدها في الهر الكبير، ما يدل على أن المورثة دخلت في سلف الهر الصغير بعد انفصال وتباعد الهر الكبير عنه.

4 – الكروموزوم رقم (2)

ومن الأمثلة النوعية أيضاً نذكر الكروموزوم رقم (2) في الإنسان، فهو دليل على تطور الإنسان العاقل من سلف مشترك مع الشمبانزي بناء على عدد صبغيات الإنسان مقارنة بكل أعضاء أشباه الإنسان (السعادين والقردة والبشر).

إن عدد صبغيات الإنسان هو (23) شفعاً. بينما هو في سائر أعضاء أشباه الإنسان الأخرى (24) شفعاً، والصبغي البشري رقم (2) هو حصيلة اندماج صبغيين معاً طرفاً لطرف لأحد أسلاف الإنسان والدليل على ذلك:

أ - توافق الصبغي (2) مع صبغيين للقردة (شكل 39) وأن النسيب الأقرب إلى الإنسان، الشمبانزي، له متتاليات DNA شبه مطابقة للصبغي البشري رقم (2)، ولكنها موجودة على صبغيين منفصلين. والشيء نفسه نجده عند الغوريلا والأورانغ أوتان النسيبين الأكثر بعداً.



(الشكل 39)
تشكل الصبغي رقم 2 عند الإنسان

صبغيان يتحدان معاً لتشكيل صبغي واحد
له جزءان مركزيان وجزءان طرفيان

ب - وجود جزء مركزي (Centromere) أثري (ضامر) على الصبغي (2) إضافة إلى جزء مركزي وظيفي. ونحن نعلم أن الصبغي الطبيعي يقتصر على جزء مركزي واحد. دون جزء مركزي آخر ضامر.

ج - وجود جزء انتهائي (طَرَفي) (Telomere) ضامر في وسط الصبغي بالإضافة إلى الجزء الانتهائي الطبيعي الذي يوجد في النهاية كالمعتاد.

يمثل الصبغي (2) هكذا دليلاً قوياً لمصلحة وجود سلف مشترك للبشر والقردة.

رابعاً – أدلة من التوزع الجغرافي

إن البيانات المتعلقة بوجود بعض الأنواع على القارات والجزر المختلفة أو غيابها عنها، تمدنا بأدلة على وجود سلف مشترك وتلقي ضوءاً على نماذج التنويع.

أ – التوزع في القارات

جميع المتعضيات متكيفة مع بيئاتها بدرجات متفاوتة. فإذا كانت العوامل الحيوية واللاحيوية ضمن الموطن البيئي قادرة على دعم وجود نوع معين في منطقة جغرافية، أمكن الافتراض أن النوع نفسه يجب أن يوجد في موطن بيئي مشابه وفي منطقة جغرافية مشابهة، في أفريقيا وأميركا الجنوبية على سبيل المثال. ولكن الواقع غير ذلك، إذ إن الأنواع النباتية والحيوانية متوزعة في العالم بشكل منقطع غير متصل. فلكل قارة أحياؤها المميزة نتيجة الانعزال.

في أفريقيا نجد سعادين العالم القديم والقردة والفيلة والزرافات والفهود والطائر قرني المنقار.

وفي أميركا الجنوبية نجد سعادين العالم الحديث والكوجر (أسد أميركي) والنمر والكسلان واللاما وطائر الطوقان.

ويوجد في صحارى أميركا الشمالية وأميركا الجنوبية صبار بلدي، يختلف كثيراً عن صبار أفريقيا وآسيا.

والاختلافات الأعظم نجدها في أستراليا مع أنها تحتل خط العرض نفسه مع أميركا الجنوبية وأفريقيا. فالجرابيات كالكنغر والبانديكوت تؤلف حوالى نصف أنواع الثدييات الموجودة في

أستراليا، وهي مفقودة تماماً في أفريقيا، وتشكل جزءاً صغيراً من لبونات أميركا الجنوبية.

ب - بيوجغرافية الجزر - أنماط الأنواع الموجودة على الجزر

لعبت الأدلة المتوافرة من الجغرافية الحيوية للجزر، دوراً هاماً وتاريخياً في تشكل البيولوجيا التطورية ونموها. وتبعاً لأهداف البيوجغرافيا، قسمت الجزر إلى صنفين: الجزر القارية والجزر المحيطية.

الجزر القارية مثل بريطانيا واليابان وهي التي كانت في وقت ما جزءاً من قارة. أما الجزر المحيطية مثل جزر الهاواي والغالاباغوس والقديسة هيلانة، فقد تشكلت في المحيطات ولم تكن قط جزءاً من أية قارة. ولهذه الجزر توزع نباتي وحيواني خاص بكل منها، ويختلف عما هو في القارات أو الجزر القارية، إذ يخلو تقريباً هذا التوزع من ثدييات أرضية بلدية أو برمائيات أو أسماك مياه عذبة. وفي بعض الحالات القليلة توجد زواحف أرضية (مثل الأغوانا والسلاحف العملاقة في جزر غالاباغوس). هذا على الرغم من أنه عندما أدخلت بعض الأنواع إلى هذه الجزر كالجرذ والماعز والهر والفأر فإنها عاشت وترعرعت. وقد أجرى عدد من العلماء بدءاً من داروين تجارب وقاموا بمراقبات مستمرة إلى أن توصلوا إلى الاقتناع بأن بعض الحيوانات والنباتات استعمرت هذه الجزر مصادفة عن طريق الرياح كبذور النباتات التي تحملها الطيور المهاجرة أو الخفافيش أو الحشرات المدفوعة بقوة تيارات الرياح من اليابسة إلى هذه الجزر، أو بالعوم في البحر من

اليابسة أو من جزر أخرى بوساطة بعض الوسائل كجوز الهند الذي يبقى طافياً في المياه المالحة، والزواحف التي تبقى مدة طويلة على أرماث النباتات التي حملتها العواصف إلى مياه البحر.

ج – التوطُن (Endemism)

يشاهد على الجزر البعيدة كثير من الأنواع المتوطنة لجزيرة خاصة أو لمجموعة من الجزر غير موجودة في أي مكان آخر من العالم. مثالها عدة أنواع من الطيور غير القادرة على الطيران في نيوزيلندا منها طير الكيوي (Kiwi). كذلك ليمور(هوبر) مدغشقر وتنين كومودو وغيرها.

يلاحظ وجود رابطة من القرابة بين العديد من هذه الأنواع المتوطنة وأنواع على جزر أو قارات قريبة. والعلاقة بين الحيوانات الموجودة على جزر غالاباغوس وبين تلك التي في أميركا الجنوبية خير مثال على ذلك.

يمكن تفسير ظاهرة التوطن في بعض الجزر باستعمار أنواع حيوانية ونباتية من القارات القريبة هذه الجزر ونموها وتطورها مستقلة.

خامساً أدلة من الاصطفاء الطبيعي المشاهد

تتبع أمثلة الأدلة على التطور من الملاحظة المباشرة للاصطفاء الطبيعي في الحقول وفي المختبرات بصورة ميدانية. والعلماء لديهم الكثير من الأمثلة في هذا المضمار، من أشهرها:

أ - مقاومة البكتيريات المضادات الحيوية (Antibiotics)

إن نمو البكتيريات المقاومة للمضادات الحيوية وانتشارها خير دليل على تطور الأنـواع. فظهور سلالة من المكورات العنقودية (ستافيلوكوك) الذهبية المقاومة للفانكومايسين والخطر الذي تشكله لمرضى المستشفيات هو نتيجة مباشرة للتطور بالاصطفاء الطبيعي، لأن استخدام الفانكومايسين (مضاد حيوي) المستمر قضى تدريجاً على الأفراد الضعيفة غير المقاومة من المكورات، ولم يؤثر في الأفراد العالية المقاومة، فانتشرت هذه السلالة وتسببت بالخطورة الناشئة.

ب - مقاومة الحشرات للـ (DDT)

وبالآلية نفسها نشأت السلالات الحشرية المقاومة. حيث استُعمل الـ (DDT) كمبيد حشري باستمرار، فأباد الحشرات قليلة المقاومة وأبقى على المقاومة.

تلك هي بعض الأمثلة على حدوث التطور ميدانياً تحت تأثير الضغط الاصطفائي في الأنواع سريعة التكاثر، وهنالك أمثلة عديدة نذكّر بواحد منها عن حشرة العث ويستحسن الرجوع إلى هذا المثال المذكور لاحقاً.

يلاحظ الاصطفاء الطبيعي أيضاً لدى الجماعات البشرية المعاصرة. فبعض الجماعات البشرية الحالية غير قادرة على هضم سكر اللبن (لاكتوز) لنقص أنزيم معين يسمى لاكتاز في أجهزة هضم أفرادها. إن صغار الحيوانات اللبونة (الثديية) تنتج أنزيم اللاكتاز أثناء الرضاعة، ويتناقص صنع هذا الأنزيم في نهاية الفطام. أما في

الجماعات البشرية التي لا تعتمد الألبان غذاءً رئيسياً فيهبط معدل إنتاج اللاكتاز حوالى 90% خلال السنوات الأربع الأولى من العمر. غير أن بعض الجماعات تمتاز بحيازتها مورثة طافرة في الصبغي رقم (2) تمنع حدوث الهبوط الحاد لإنتاج اللاكتاز، وتسمح لأفراد هذه الجماعات بتناول الحليب الخام ومشتقاته الطازجة والمتخمرة بدون أية صعوبة مدة حياتهم كلها. وهذا يبدو تكيفاً تطورياً حديثاً لاستهلاك الألبان ومشتقاتها وقد حدث بصورة مستقلة في أوروبا الشمالية وآسيا الشرقية في الجماعات ذات التاريخ الريفي في أسلوب العيش.

سادساً: أدلة من التنويع المنظور

التنويع هو العملية التطورية المؤدية إلى نشوء نوعين أو أكثر ابتداء من نوع أصلي واحد. ويمكن أن يحدث نتيجة عدة عوامل مختلفة تصنف بأشكال متنوعة مثل التنويع المختلف الموطن أو المتجانس الموطن أو المتعدد الصيغة الصبغية... إلخ. (أنظر نظريات التطور فيما يأتي بعد قليل). لاحظ العلماء عدة أمثلة من التنويع في المختبر وفي الطبيعة، غير أن التطور أنتج أنواعاً أكثر مما يقدره الملاحظ، فثمة على سبيل المثال (350.000) نوع موصوف من الخنافس والأمثلة التالية تمدنا بأدلة قوية على حدوث التنويع ميدانياً:

أ - الطائر أسود الرأس

يوجد في ألمانيا نوع من الطيور يسمى أسود الرأس (Blackcap) يطير باتجاه الجنوب الغربي إلى إسبانيا، في حين أن مجموعة صغيرة

تطير باتجاه الشمال الغربي إلى بريطانيا في فصل الشتاء. وقد وجد الباحث غريغور رولشاوسن من جامعة فريبرغ (Freiberg) أن الانفصال الوراثي للجماعتين آخذ في النمو والتقدم وأن الاختلافات الموجودة بينها نشأت بعد مرور ثلاثين عاماً، ويمكن تحديد الجماعة التي ينتسب إليها كل فرد من هذه الطيور بتتابع النيوكليوتيدات في الـ DNA وبدقة تصل إلى 85%.

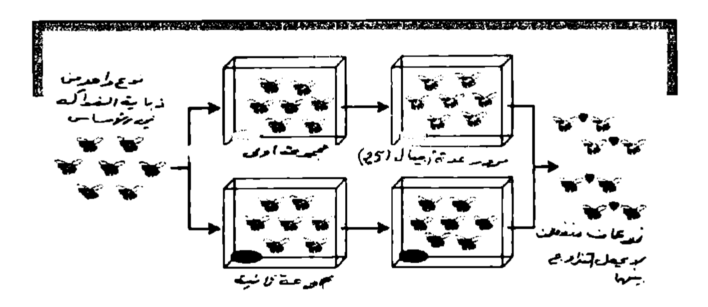
ب - ذبابة الفواكه (دروزوفيلا Drosophila)

حقق وليم رايس وجورج سالت دليلاً تجريبياً على التنويع المتجانس الموطن في ذبابة الفواكه، إذ جمعا تشكيلة من هذه الذبابة في بلدة ديفيس (Davis) في ولاية كاليفورنيا الأميركية، ووضعا العذراوات في متاهة سكنية (Habitat maze) وكان على الذبابات البالغة حديثاً أن تبحث في المتاهة لتجد الغذاء وأمامها ثلاثة خيارات من أجل ذلك، (شكل 40).

أ - الظلمة أو النور (انجذاب أو انتحاء ضوئي).

ب - الأعلى أو الأسفل (انتحاء أرضي).

ج - رائحة ألدهيد الخل أو الأيتانول (انجذاب كيمياوي).



(الشكل40) حدوث التنويع تجريبياً بوساطة الانعزال.

أدى ذلك في النهاية إلى تقسيم الذبابات في (42) مسكناً مكانياً موقتاً. بعد ذلك أخذا سلالتين من مسكنين متعاكسين، إحداهما من السلالة التي برزت باكراً وطارت مباشرة إلى المكان العلوي المظلم منجذبة برائحة ألدهيد الخل. والثانية من السلالة التي برزت لاحقاً وطارت مباشرة إلى الأسفل منجذبة بالضوء ورائحة الأيتانول، ثم وضعا معاً عذراوات من السلالتين في المتاهة إلى جانب الغذاء، وبعد عملية الاقتران فرضت عقوبة اصطفائية على الإناث التي تغير مسكنها بحيث لا يستطيع أي من أعراسها الانتقال إلى الجيل الثاني. وبعد مرور (25) جيلاً من هذه التجربة الاقترانية، حدث انعزال تكاثري بين السلالتين.

ثم أعادا التجربة دون فرض عقوبة على الإناث وكانت النتيجة نفسها، حيث توقف التكاثر بين السلالتين نتيجة الانعزال التكاثري وأصبحتا نوعين مختلفين.

ج - الفجل الملفوفي (Raphanobrassica)

نبات متعدد الصيغة الصبغية ناتج من التصالب بين نبات الفجل (Radish) ونبات الملفوف (Brassica) وإذا جاز لنا التصرف يمكن أن نسميه «الفجلوف» وهو في الحقيقة نبات مذهل، فعلى الرغم من أنه ناتج من التزاوج بين نوعين من النبات، فهو غير عقيم. وهذا قاد بعض علماء النبات إلى الافتراض بأن التزاوج العرضي بين نوع نباتي ونوع نباتي آخر في الطبيعة يمكن أن يشكل آلية للتنويع لدى النباتات الراقية.

سابعاً: أدلة من الاصطفاء الصنعي

يوضح الاصطفاء الصنعي التنوع الموجود بين المتعضيات التي تنتسب إلى سلف مشترك حديث العهد نسبياً. وفي هذا النمط يُلجأ إلى قصر التزاوج على الأفراد ذوي الصفات المرغوب فيها (اصطفاء صنعي) لعدة أجيال، فتصبح هذه الصفات هي الغالبة بصورة متزايدة.

عرف هذا الاصطفاء واستخدم بنجاح قبل اكتشاف قوانين علم الوراثة، وكلنا يعرف الصفات الجديدة المستنبطة لدى الكلاب والهررة والحمام والدجاج والنباتات المختلفة.

ثامناً: أدلة الحاسوب (كمبيوتر) والرياضيات التكرارية

تمكن علوم الكمبيوتر من دراسة تكرار التغير الذاتي للأنظمة المعقدة ما يسمح بفهم رياضي للعمليات الطبيعية الكامنة وراء التطور، ويزود بأدلة عن الأسباب الخفية للحوادث التطورية المعروفة.

إن تطوير آلية خلوية خاصة مثل استخدام جسيمات للحقن (Spliceosomes) يمكنها تحويل الذخيرة الوراثية (جينوم Genome) الخلوية إلى ورشة واسعة من بلايين الأجزاء القابلة للتبادل فيما بينها والتي يمكنها أن تخلق أدوات، فأدوات أخرى فأدوات أخرى... فتخلقنا في النهاية. إن تطوير مثل هذه الآلية يخضع للدراسة لأول مرة في طريقة تامة، استغرق ذلك خمسة عقود، لكن الكمبيوتر الإلكتروني الحديث قوي بصورة كافية لمحاكاة التطور.

مكنت البيولوجيا التطورية الحاسوبية (الكمبيوترية) الباحثين من تتبع أثر التطور لدى عدد كبير من المتعضيات بقياس التغيرات في حمضها النووي (DNA) وبصورة أفضل بكثير من خلال التصنيف الفيزيائي أو الملاحظات الفيزيولوجية وحدها، التي سمحت بمقارنة الجينومات برمتها، آذنة بدراسة حوادث تطورية أكثر تعقيداً. مثل تضاعف الجينات والنقل الجيني الأفقي والتنبؤ بالعوامل الهامة في التنويع كما أنها ساعدت على بناء طرز حاسوبية معقدة من الجماعات للتنبؤ بمصير النظام عبر الزمن. وهي أيضاً تتبع وتشارك في المعلومات عن عدد متزايد من الأنواع والمتعضيات.

إن المساعي المستقبلية تتجه نحو إعادة بناء شجرة حياة حديثة أكثر تعقيداً، ومن يعشْ يرَ.

الفصل الثاني:
النظريات الحديثة في آلية حدوث التطور

* النظرية التركيبية
* النظرية المحايدة
* نظرية العطالة

أولاً: تمهيد

منذ نُشر كتاب أصل الأنواع لداروين عام 1859 برز العديد من المسائل المضيئة في حقل نظرية التطور، من أهمها تلك التي تعنى بتطبيق مفاهيم الوراثة المندلية الكلاسيكية وعلم الوراثة الجزيئي الحديث على النظرية الداروينية في الاصطفاء الطبيعي.

زودنا علم الوراثة بالأساس الذي نرى فيه التطور على مستوى الجماعات. وهذه وجهة نظر لم تخطر على بال داروين ومعاصريه. كما أن علم الوراثة الجزيئي جعل بالإمكان فهم الأساس الكيميائي لتضاعف المورثة ولحدوث الطفرة ولتطور الجزيئات العملاقة كالبروتينات وحتى لتطور كامل الأنظمة البيوكيمياوية مثل السايتوكروم (Cytochrome) وبروتينات النقل في الغشاء الخلوي.

استعمل العلماء حديثاً تعبيرين للدلالة على مظهرين من العملية التطورية التطور الصُغْري (Microevolution) والتطور الكِبْري (Macroevolution).

يهتم التطور الصغري بالعمليات التي تقود إلى التغيرات الوراثية

داخل جماعة من المتعضيات خلال جيلين أو عدة أجيال. وهذه العمليات تتضمن أصل التغايرات وطبيعة الاصطفاء طالما أنه يؤثر في الأنماط المختلفة للتغايرات وديناميكيات الجماعة التي تشمل الحجم ومعدّل النمو والبنية التي تؤثر في عملية الاصطفاء.

التطور الصغري لا يُعنى في ذاته، بأصل الأنـواع على وجه الخصوص وإنما بالوسائل التي تقاس بميزان صغير للعمليات التي قد تقود في النهاية، وليس بالضرورة، إلى أنواع جديدة. فهو بتعبير آخر، يهتم بالتغايرات التي تحدث داخل النوع دون أن تنقله بالضرورة إلى نوع آخر.

أما التطور الكبري فيتمثل بالعمليات المؤدية في النهاية إلى نشوء زمر جديدة من الأحياء، فهو يهتم بدراسة مسائل مثل تشعب النوع الواحد إلى نوعين أو أكثر والعوامل التي تقود بسرعة أو ببطء إلى تغيرات تطورية، والتفاعل بين المتعضيات نفسها من جهة، وبين المتعضيات وبيئاتها من جهة أخرى، وبالتغيرات الكبيرة التي تحدث خلال فترات جيولوجية طويلة وتنتج الزمر الحيوانية الكبيرة مثل الأجناس (Genera) والصفوف (Classes) والشعب (Phyla).

ثانياً: الأنواع والجماعات

من الصعب تعريف النوع تعريفاً مطلقاً، فلا يمكن فصل نوع فصلاً تاماً عن جميع الأنواع الحيوانية الأخرى. لكن البيولوجيين اعتمدوا بعض المعايير لتحديد النوع، كالشكل والوظيفة والسلوك

والتركيب الكيميائي والتزاوج. ولا يكفي أي معيار واحد منها لتمييز النوع. حتى إن هذه المعايير مجتمعة غير كافية لذلك، وليس هذا بالأمر الغريب طالما أن جميع الأنواع من أصل مشترك واحد، والتعريف الأكثر قبولاً للنوع هو:

«النوع مجموعة من الأفراد الحية المتشابهة في الشكل والوظيفة والسلوك والتركيب الكيمياوي والقادرة على التزاوج بعضها مع بعض جيلاً بعد جيل».

من الأنواع نذكر الإنسان والهر والحصان ونبات البازلا والعصية الكولونية.

كل نوع يتألف من جماعة واحدة أو أكثر. فالإنسان ينتشر كنوع في جميع أصقاع الأرض وأفراده قادرون على التزاوج فيما بينهم، لكنه يعيش على شكل جماعات تتمركز في أماكن عديدة كالقرى والمدن والجزر والأوطان والقارات. إذن ، «الجماعة مجموعة من الأفراد التي تتزاوج وتتكاثر على الغالب فيما بينها ضمن بقعة جغرافية محددة». وقد تضطر الجماعة إلى الهجرة من بيئتها إلى أماكن جديدة دون أن تفقد هويتها إذا احتفظت بالتزاوج الذاتي بين أفرادها.

من الصعب رسم حدود واضحة وصارمة بين جماعة وأخرى أو بين الجماعة والنوع، للتشابك والتداخل الكبير بينها. والجدير ذكره أن أفراد الجماعة يأتون ويذهبون في حين أن الجماعة تستمر كوحدة بيولوجية حقيقية من جيل إلى آخر. إن للجماعة حياتها الخاصة واستمراريتها، فهي تتجاوز الحياة المحدودة لأفرادها، نتيجة انتقال

المادة الوراثية عبر أجيالها. فالأفراد الذين يؤلفون أية جماعة وفي أية فترة من الزمن يدينون بانتسابهم إلى سلف مشترك.

لقد انبثق من هذه الوحدة المتكاملة للجماعات فرع من العلوم البيولوجية يسمى «علم الوراثة الجَماعي»، وهو يهتم بدراسة البيئة الوراثية للجماعات على صعيد لحظة معينة من الزمن، وعبر الأجيال المتعاقبة أيضاً. كما أنه يهتم بتجديد الطرائق المؤدية إلى ذلك عن طريق إحصاء تواتر (نسبة) المورثات المتقابلة (الأليلات) في الجماعة من جيل إلى آخر، لأن تغير هذه النسبة يدل على حدوث التطور بمفهومه الجديد. وإن التطور بحسب النظرية الحديثة هو التفاعل الديناميكي المتوازن بين اتجاهين متعاكسين في العملية التكاثرية هما:

1 - الأمانة في تضاعف DNA.

2 - حدوث التغايرات. وكلاهما ضروري لحدوث التطور.

فلو أن كل متعضية تتكاثر بصورة أمينة وثابتة دون تغيير لتوقف التطور. وإذا لم تتوافر الأمانة في التكاثر مدة كافية ورافق التغير كل عملية تكاثرية توقفت استمرارية النوع.

تنضوي هذه الآراء تحت اسم النظرية التركيبية أو الداروينية الحديثة التي أشير إليها سابقاً بإيجاز، وسيتم شرحها الآن بالتفصيل الكافي.

هنالك نظريات في التطور سابقة مثل نظرية لامارك ونظرية هوغودي فريس ونظرية داروين كنا قد تعرفنا إليها. ونظريات أحدث من التركيبية مثل النظرية المحايدة ونظرية العطالة وغيرها، وهي في

الحقيقة كلها متممة للتركيبية وغير مخالفة لها. سنتعرض الآن لشرح النظرية التركيبية بالتفصيل ثم الإشارة إلى النظرية المحايدة ونظرية العطالة بإيجاز.

ثالثاً: النظرية التركيبية (Synthetic Theory)

اشترك في صوغ هذه النظرية عديد من العلماء خلال منتصف القرن الماضي، منهم سيؤول رايت الأميركي وتشيتفيريكوف الروسي وجوليان هكسلي الإنكليزي ودوبزانسكي الروسي الأصل وغيرهم، ثم دعمت بأبحاث عدد كبير من العلماء المعاصرين وأصبحت تتمتع بقاعدة صلبة من الحقائق العلمية في الوقت الحاضر. وهي تعالج التطور الصغري والتطور الكبري.

أ - التطور الصغري (Micro evolution).

يقوم مفهوم النظرية التركيبية على الأسس التالية:

1 - التغايرات (VARIATIONS) وتتضمن:

أ - الطفرات (Mutations).

ب - التركيب الوراثي الجديد (Recombination).

2 - الاصطفاء الطبيعي (Natural selection).

3 - الانحراف الوراثي (Genetic drift).

4 - الموجات الوراثية (Genetic waves).

1 - التغايرات (Variations)

تنشأ الاختلافات الوراثية بين الأفراد في الجماعة عموماً بعدة طرائق أهمها الطفرات الوراثية والتراكيب الوراثية الجديدة.

أ - الطفرات (Mutations)

تتضمن الطفرات المورثية والطفرات الصبغية والتعدد الصبغي.

*** الطفرات المورثية أو الموقعية (Point Mutations)**

تنتج من تبديل شفع أو أكثر من النيوكليوتيدات في تتالي الأسس النيتروجينية على DNA فتتغير التعليمات الوراثية وبالتالي يتغير التتابع على RNA المرسال المنسوخ عن DNA، والنتيجة هي تغير جزيء البروتين الذي قد يؤثر في النمط الظاهري للمتعضية (قد لا يؤثر في بعض الحالات)، (شكل 41).

تحدث هذه الطفرات بتواتر يختلف من مورثة إلى أخرى وبصورة عفوية تلقائية نتيجة الخطأ في النسخ الذي يتم من المورثة إلى RNA المرسال، وهنالك عوامل تزيد من معدل الطفرات المورثية مثل الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية والحرارة وبعض المواد الكيمياوية.

إن أغلب الطفرات المورثية ضارة، لأن البنية الوراثية لأية متعضية تطورت خلال ملايين السنين إلى تجمع دقيق من المخططات الوراثية الملائمة لبيئتها، وإن أي خطأ في نسخ أحد المخططات يؤدي في

أغلب الأحيان إلى الأذى لا النفع. ويحدث بين الفينة والأخرى بعض الطفرات المفيدة أقله في بعض البيئات. ومع أن الطفرات المفيدة نادرة الحدوث إلا أنها تكفي لتأمين بعض وليس كل، المواد الخام اللازمة للتطور.

*** – الطفرات الصبغية (Chromosomal Mutations)**

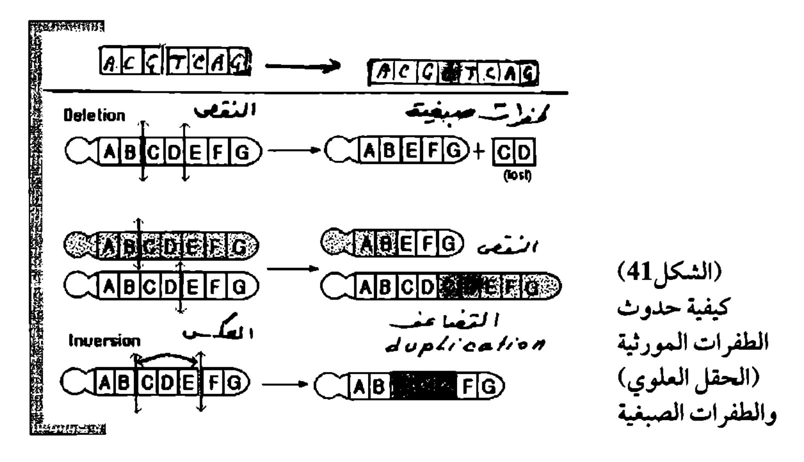
وهي عبارة عن التبدلات في ترتيب المورثات على الصبغيات، نتيجة تغير كبير في بنية الصبغي نفسه، وهذا يتم بأنماط مختلفة نذكرها هنا باختصار. (شكل 41)

1 – النقص (Deletion)

وهو فقدان قطعة من الصبغي

2 – التضاعف (Duplication)

وهو إضافة قطعة مماثلة لجزء من الصبغي، تليه مباشرة، فتصبح القطعتان مترادفتين الواحدة بعد الأخرى على الصبغي.



(الشكل41)
كيفية حدوث الطفرات المورثية (الحقل العلوي) والطفرات الصبغية

3 – العكس (Inversion)

وهو نزع قطعة من مكان في الصبغي ثم إعادة حشرها في المكان نفسه من الصبغي وبالاتجاه المعاكس.

4 – الانتقال (Translocation)

وهو نزع قطعة من صبغي ثم إدخالها في صبغي آخر في أي مكان منه.

إن كلاً من هذه التغيرات الكبيرة المقياس في بنية الصبغي يمكن أن يؤثر تأثيراً عظيماً في النمط الظاهري للفرد البالغ.

*** – تعدد الصيغة الصبغية (polyploidy)**

في بعض الشروط يتضاعف العدد الصبغي للنوع فتتغير الصيغة الصبغية (2N) وتصبح (3n أو 4n أو 5n... إلخ).

يحدث هذا عادة عندما يتضاعف عدد الصبغيات دون أن يرافقه انقسام خلوي. ويشاهد عند النباتات أكثر مما يشاهد لدى الحيوانات. يمكن التحريض صنعياً على مضاعفة عدد الصبغيات بوساطة مواد كيمياوية مختلفة مثل مادة الكولشيسين.

يكون الأفراد المتعددو الصيغة الصبغية عادة أكبر حجماً من الأفراد الطبيعيين (2n). ومع ذلك لا يمكن دائماً التنبؤ بنوع التغيرات التي يتسبب بها التعدد الصبغي. هذا وإن العديد من التغايرات الموجودة في النباتات التزيينية والزراعية هي حصيلة التعدد الصبغي الطبيعي أو التحريضي.

إن الزيادة في عدد الصبغيات تؤدي إلى اضطراب كبير في حادثات التشكل والنمو الحيواني، ويبدو أن هذه الظاهرة لا تؤلف إلا مصدراً ضئيلاً للتغايرات عند الحيوانات، أما عند النباتات فإن تشكل سلالات جديدة يبدأ أحياناً بحدوث تعدد صبغي في فرد أو في عدد قليل من الأفراد.

يوجد طبيعياً نوعان من التغايرات يجب التمييز بينهما.

الأول هو التغاير في النمط الوراثي الذي ينتج من تبدل حقيقي في الشيفرة الوراثية للـ DNA أو من تبدلات البنية الصبغية. وهذا يؤدي إلى تغيير الطريقة التي تعبر بها الرسائل الوراثية عن ذاتها.

ومن الواضح أن هذا النمط من التغايرات هو الأكثر أهمية في التطور وهو الذي ينتقل عبر الأجيال المتتالية.

النمط الثاني من التغايرات هو التغاير في النمط الظاهري للأفراد الذين يملكون أنماطاً وراثية متماثلة، والاختلافات هنا تعود إلى عوامل بيئية مختلفة كدرجة الحرارة وكمية الطعام والضوء والأملاح المعدنية المتوافرة. وهذه التغايرات لا تنتقل إلى الجيل الثاني، يعني ذلك أن التغايرات الوراثية هي المادة الخام في عملية التطور، فعلينا أن نعرف من وجهة النظر التطورية مقدار التغايرات الوراثية والتغايرات الظاهرية البيئية، وثمة العديد من الوسائل الكفيلة بذلك وكلها تتضمن بعض أشكال التجارب والاختبارات الوراثية.

ذكرنا أن الطفرات تتصف بندرة حدوثها وقلة المفيد منها. لذلك استبعدت بادئ الأمر كعامل هام في التطور. لكن الدراسات

والإحصاءات الرياضية الحديثة أظهرت أهميتها بالرغم من ندرتها وكثرة الضار منها.

يختلف معدل الطفرات بحسب نوع المورثات، ففي الذرة مثلاً نجد أن معدل حدوث الطفرة في إحدى المورثات المسؤولة عن إنتاج اللون هو (2000/ 1) في الخلايا التناسلية، لكن بعض المورثات الأخرى تكون على درجة من الثبات لا تتغير معها عبر ملايين من الانقسامات الخلوية. وقد قيل إن المتوسط العام لنسبة الطفرات في المورثات هو (100000/ 1) في الخلايا الجنسية. فكيف يمكن، والطفرة على هذه الدرجة من الضآلة أن نجعل منها قاعدة مادية للتطور؟

هنالك عدد كبير من الفرص تسمح بحدوث الطفرات، فالخلية الجنسية الواحدة تحوي آلافاً من المورثات ويتألف كل نوع من ملايين الأفراد المنتجين للخلايا الجنسية في كل جيل. ويوجد العديد من الأجيال خلال المجال التطوري للنوع. ففي الإنسان مثلاً يوجد أكثر من (20) ألف مورثة في العروس الواحدة. ولما كان كل فرد ينتج من اجتماع عروسين معاً فاحتمال الطفرات في الفرد الواحد هو
.$20000 \times 2 \div 100000 = 2/5$

وإذا تساءلنا مرة أخرى كيف يمكن للطفرات أن تنتج تغيرات فردية صالحة للاصطفاء وكافية للتطور مع أن معظمها ضار أو مميت وغير قادر على البقاء، نجد الإجابة في الجدول التالي:

	5	عدد الأجيال في الحياة التطورية 100000
متوسط عدد الوقائع	1	الطفرات في المورثة الواحدة 100000/ 1
	2	عدد الموروثات في الفرد الواحد 100
	3	معدل الطفرات المفيدة 1000/ 1
	4	عدد أفراد الجماعة ضمن النوع 100000000
الحسابات	6	عدد الطفرات المفيدة في فرد من جيل = 3 ×2 ×1 = 1 /100000 × 100 × 1 /1000 = 1 /1000000
	7	عدد الطفرات المفيدة في الجماعة من الجيل الواحد = 4×6 = 1 /1000000 × 100000000 = 100
	8	عدد الطفرات المفيدة خلال حياة النوع التطورية = 5×7 100 × 100000 = 10000000

أي أن عدد الطفرات المفيدة خلال حياة النوع التطورية هو عشرة ملايين طفرة وهذا العدد يسمح دون شك بتغيير النوع وتحويله إلى نوع آخر.

وهنالك واقعة أخرى تجعل من الطفرات الضارة مادة للتطور التكيفي كما يتضح من المثال التالي:

لنفترض أن أحد الأنواع يعيش في إقليم تراوح حرارته بين (35 – 40) درجة مئوية. وأن أفراد هذا النوع متكيفون للعيش في مجال من التغير الحراري قدره (10) درجات من (32 – 42) فإذا حدثت طفرة في بعض الأفراد وأزاحت مجال العيش الحراري إلى (28 –38) درجة. عندها لا تعيش المتعضية الطافرة إلا في أشد الأوقات حرارة من السنة. ولكن لو انخفضت درجة الحرارة إلى مجال (30 – 35) درجة تصبح

المتعضية الطافرة أكثر تلاؤماً مع الشروط الجديدة. فمسألة الطفرة المفيدة والطفرة الضارة مسألة نسبية تتعلق بمقدار تلاؤم الطفرات للشروط الجديدة، عدا تلك التي تكون شديدة الضرر.

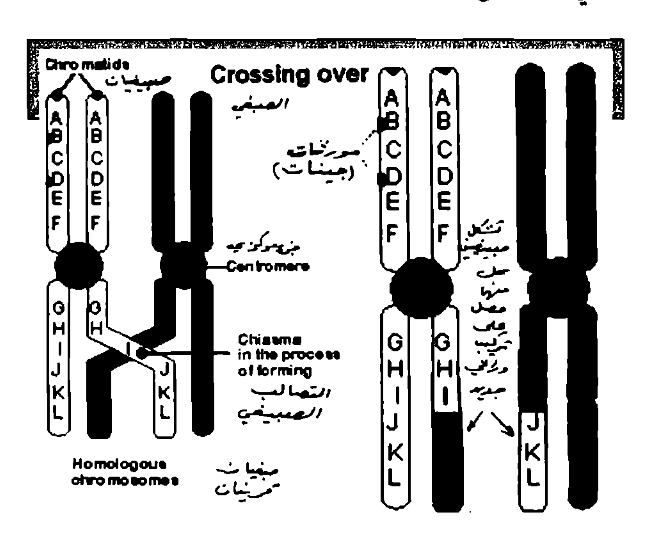
ولكن كيف يمكن للمورثات الطافرة أن تبقى وتستمر في الجماعة إلى أن تتغير شروط الإقليم؟

يعود ذلك إلى إحدى مزايا الطفرات إذ إن معظم المورثات الطافرة متنحية غير راجحة ما يؤمن بقاءها في الجماعة بصورة كامنة متخالفة اللواقح (heterozygous) مدة طويلة. وعندما تصبح بالشكل الصافي متماثلة اللواقح (Homozygous) فإنها تخضع لقانون الاصطفاء الطبيعي الذي يعمل على حذفها (اصطفاء سلبي) أو الإبقاء عليها (اصطفاء إيجابي) تبعاً لملاءمتها شروط الوسط.

ب – التركيب الوراثي الجديد (Recombination)

هو العملية التي يتم بواسطتها إنتاج تشكيل جديد من الأليلات، ويتم في الأحياء التي تتناسل بطريقة التكاثر الجنسي، إما عن طريق التهجين (الهجونة الثنائية والمتعددة) وإما عن طريق العبور في الصبغيات. النمط الأول، أشير إليه في تجربة مندل الهجونة الثنائية على نبات البازلاء حيث تم التصالب بين نبات أملس وأصفر البذور × نبات مجعد وأخضر البذور فنتجت نباتات ذات تراكيب وراثية جديدة هي أملس أخضر ومجعد أصفر.

وأما العبور فيتم أثناء الانقسام المنصف المؤدي إلى الأعراس عادة كما في (الشكل 42)



(الشكل 42) التصالب الصبغي

وفيه يتم تبادل جزءين من صبغيين (chromatids) ينتسبان إلى صبغيين (chromosomes) قرينين فتحدث تراكيب وراثية جديدة مختلفة عن تراكيب الآباء.

استمرارية التغايرات في الجماعة - التعدد الشكلي

(Polymorphism)

إذا استمرت بعض التغايرات المتميزة في الجماعة من جيل إلى جيل، يقال عن الجماعة بأنها متعددة الأشكال. فالتعدد الشكلي هو وجود أشكال متميزة لصفة واحدة، تستمر داخل الجماعة عبر الأجيال. أما عدد الأشكال فيختلف تبعاً للصفة وللنوع؛ من الأمثلة

نذكر الالتفاف الحلزوني يميناً أو يساراً في قواقع الحلزون. والزمر الدموية عند الإنسان.

إن أغلب حالات التعدد الشكلي تتضمن شكلين أو ثلاثة أو أربعة. وفي بعض الحالات النادرة يصل عدد أشكال الصفة الواحدة إلى العشرات وقد يفوق المئة كما في السمك المسطح إذ شوهد (120) شكلاً مختلفاً لأنماط البطن في هذا النوع.

تثير ظاهرة التعدد الشكلي في الجماعات مشكلة هامة أمام عملية التطور. فبحسب الاصطفاء الطبيعي يجب أن نتوقع شكلاً واحداً للصفة وهو الشكل الأكثر تلاؤماً والأفضل وظيفة من الأشكال الأخرى. فكيف يفسر وجود ظاهرة التعدد الشكلي لدى الجماعات؟

يميز البيولوجيون بين نوعين من التعدد الشكلي: التعدد الشكلي الانتقالي والتعدد الشكلي المتوازن.

أ - التعدد الشكلي الانتقالي

وفيه يتزايد تواتر أحد الشكلين في الجماعة ويتناقص الشكل الآخر دون أن يختفي نهائياً، وذلك استجابة لشروط الوسط الذي تعيش فيه الجماعة، وكل شكل يلائم وسطاً معيناً. ومن أفضل الأمثلة على ذلك حالة الفراشة الفلفلية أو حشرة العث الرقشاء (Biston betularia) التي تعيش في إنكلترا الشمالية وذات أجنحة ملطخة ببقع سوداء وبيضاء. تزيد نسبة الأفراد ذات الأجنحة التي يغلب عليها اللون الأبيض لزيادة عدد البقع البيض في البيئة النيرة وتزيد نسبة

الأفراد ذات الأجنحة التي يغلب عليها اللون الأسود في البيئة الداكنة، وهذا نمط من التمويه كما رأينا. وسيتم شرح هذا المثال بالتفصيل في بحث التطور ميدانياً.

ب - التعدد الشكلي المتوازن

وهو يتصف بحالة مستقرة متوازنة لشكلين أو أكثر في الجماعة دون أن يطرأ تغير واضح على تواتر كل شكل من جيل إلى آخر، مثال ذلك نذكر الحلزون المسمى (Cepaea nemoralis) (شكل 43).



(الشكل43)
أنماط الحلزون
(Cepaea nemoralis)

تتلون قوقعة هذا الحيوان بثلاثة ألوان هي البني والقرنفلي والأصفر ويظهر عليها أيضاً عدد من الأشرطة أو الأطواق يراوح بين (0-5) بحيث يظهر على القوقعة واحد من ستة نماذج بحسب عدد الأشرطة.

يوجد في الجماعة الواحدة من هذا الحلزون الألوان المختلفة وعدد الأشرطة المختلف.

تمّت دراسة هذا النوع من الحلزون في إنكلترا دراسة معمقة

وأوضح العلماء أن نمط التلوين والتطويق في القوقعة، يموه الحلزون ويخفيه عن أعين طيور السمن (Thrush) وهو المفترس الطبيعي له. وكل نمط من الحلزون يتلاءم مع بيئة معينة. فالحلزون القرنفلي أو البني المجرد من الأطواق، يندمج جيداً مع أرضية بنية متجانسة من الأوراق النباتية الميتة في الغابات. في حين أن النمط الأصفر المطوق يندمج مع النماذج المختلفة من ألوان النباتات في الحقول. لكن أرضيات الغابات والحقول تتغير بحسب الفصول والسنين، وجماعة الحلزون تنتقل جيئة وذهاباً بين المواطن الشبيهة بالغابة والمواطن الشبيهة بالحقل. وبذلك لا يتشكل أي نمط من الأشكال ليمد صاحبه بتمويه تفوقي لسائر الحالات يقيه من خطر الافتراس. فالاصطفاء الطبيعي عمل على صون عدة أشكال مختلفة داخل الجماعة الكبيرة التي تتزاوج أفرادها فيما بينها (وهذا هو تعدد الأشكال).

يبقى تعدد الأشكال في حالة توازن طالما يوجد موطنان أو ثلاثة مواطن مختلفة تجول فيها جماعة الحلزون. ومن الأفضل لهذه الجماعة ككل الاحتفاظ بهذا التنوع في أشكالها.

إن وجود عدة أليلات (مورثات لأشكال صفة واحدة) للون القوقعة له سيئة واحدة. بما أن الفريقين من جماعة الحلزون فريق الغابة وفريق الحقل، يتزاوجان فيما بينهما فلا بد أن يورث بعض الأفراد صفاته غير الملائمة لبيئتها كأن يولد لفريق الغابة أفراد صفر القوقعة ولفريق الحقل أفراد بنيو اللون. لا شك أن تكون هذه الأشكال أكثر عرضة للافتراس. والاصطفاء الطبيعي سيقف ضدها ويعمل

للإقلال منها (اصطفاء سلبي) ولكن طالما أن البيئة على هذه الدرجة من الاختلاف فإن الاصطفاء يرجح الأليلات المسؤولة عن الألوان والأطواق المختلفة داخل الجماعة ككل.

ولكن عندما يتم دخول أحد التغايرات الجديدة في جماعة ما، بأية طريقة كانت، فما هو مصيره؟ وكيف ينتخب إيجاباً أم سلباً؟ وهل جميع التغايرات إيجابية أم سلبية؟ أو أن ثمة تغايراً محايداً لا يحالفه الاصطفاء الطبيعي ولا يعاديه؟ للإجابة عن هذه الأسئلة وغيرها علينا أن نفهم أولاً، المبادئ الأساسية لعلم الوراثة الجماعي (population genetics).

أثر الاصطفاء الطبيعي في التغاير داخل الجماعة

علم الوراثة الجماعي هو أحد الحقول البيولوجية الذي يدرس التركيب الوراثي لجميع أفراد الجماعة، حيوانية أو نباتية. فالجماعة نفسها، وليست الخلايا أو المتعضيات، أصبحت الوحدة الأساسية في الدراسة البيولوجية. ولكن كيف يمكن وصف البنية الوراثية للجماعة برمتها؟ ليس هذا بالأمر البالغ الصعوبة كما يتبادر إلى الذهن.

في المقام الأول، يمكن التعامل مع الخصائص الوراثية للجماعة كمجموع الأنماط الوراثية لسائر أفرادها، ما يسمح بالتكلم عن وجود حوض مورثات (Gene pool) الجماعة. وهو مجموع التعليمات الوراثية التي يملكها أعضاء جماعة تتكاثر جنسياً. وإن عدد ونوع كل أليل (Allele) في الجماعة يحدد الخصائص الفريدة لحوض مورثاتها.

وفي المقام الثاني يطبِّق علم الوراثة الجماعي الطرائق الإحصائية، فالاختلافات الفردية في المتعضيات لا تدخل في الحسبان ما لم يصبح للتغاير المدروس قيمة إحصائية معتبرة. وهذه الطرائق التحليلية شديدة الأهمية لدراسة التغيرات الوراثية المسهمة في العملية التطورية.

يعمل الاصطفاء الطبيعي، نتيجة تأثيره في المتعضيات نفسها، على خلق تغير في حوض هذه المتعضيات، فينقسم حوض مورثات الجماعة في كل جيل، ويتجزأ إلى أنسال جديدة. وستحدث دون شك طفرات أو تراكيب وراثية جديدة تعبر عن ذاتها ظاهرياً. وبفضل الاصطفاء الطبيعي، تنتج بعض الأنماط الوراثية، أنسالاً أكثر من غيرها. وتنتقل بعض الأليلات إلى الجيل الثاني بعدد متزايد، وغيرها بعدد متناقص. فيتغير بذلك تركيب حوض المورثات.

التوازن المورثي– قانون هاردي ونبرغ

يؤثر عاملان متعاكسان في حوض مورثات الجماعة. الأول هو الاصطفاء الطبيعي الذي يميل إلى تغيير التركيب الوراثي لحوض المورثات من جيل إلى آخر. والثاني هو التوازن المورثي الذي يميل، وفق شروط شديدة الخصوصية، إلى تثبيت نسبة الأليلات في الجماعة عبر الأجيال، وبصرف النظر عن مقدار هذه النسبة في الجماعة الأصلية.

أدخل فكرة التوازن المورثي في العلوم البيولوجية عام 1908

عالِمان: الأول عالم رياضيات إنكليزي هاردي (H. Hardy) والثاني عالم فيزياء ألماني وينبرغ (sw. Weinberg) وعرف ذلك بقانون هاردي - وينبرغ.

قد يظن البعض من غير المطلعين على العلوم البيولوجية أن نسبة المورثات الراجحة تتزايد ونسبة المورثات المتنحية تتناقص في الجماعة مع تعاقب الأجيال. وهذا ليس صحيحاً وفقاً لقانون التوازن المورثي. فاللون الأزرق للعيون صفة متنحية أمام اللون العسلي لدى الإنسان. لكن نسبة كل من اللونين تبقى ثابتة في الجماعة من جيل إلى آخر. وقد تكون نسبة اللون الأزرق أكبر بكثير كما في بعض البلدان الأوروبية.

أما الشروط اللازمة لتوافر التوازن المورثي فهي:

1 - أن يكون التزاوج عشوائياً دون اختيار مسبق، أي أن يكون لكل نمط ظاهري الحظ نفسه في التكاثر. فإذا كان النمط الظاهري لبعض الذكور أكثر قبولاً لدى الإناث، من أنماط أخرى فسوف تنتج الذكور المفضلة أنسالاً أكثر.

2 - أن يكون معدّل عدد الأنسال متساوياً في جميع حالات التزاوج، فإذا كان عدد الأنسال الناتج من الاقتران بين نمطين ظاهريين، أقل دوماً من غيرها، فيتناقص عدد أليلات هذين النمطين مع كل جيل جديد.

3 - أن تكون الجماعة كافية الضخامة بحيث يبقى احتمال كل صفة ثابتاً. فكلما تناقص عدد أفراد الجماعة زاد مقدار الانحراف

في النسبة الاحتمالية للصفات. فإذا ذكرنا أن احتمال الذكور يساوي احتمال الإنـاث لدى الإنسان وهو 50% لكل جنس، فليس من الضروري أن نجد هذه النسبة ثابتة عند تطبيق الإحصاء على أفراد العائلة الواحدة. فبعض العائلات ليس لديها سوى البنات، وفي غيرها ترجح نسبة الذكور. أما إذا أجرينا الإحصاء على نطاق الدول فنجد أن النسبة هي 50% تقريباً في كل دولة.

4 - أن يكون معدل الطفرات قد وصل إلى حالة التوازن في الجماعة، أي أن يكون عدد الطفرات من الأليل (A) إلى الأليل (a) يساوي عدد الطفرات من الأليل (a) إلى الأليل (A).

5 - ألا تحدث هجرة إلى الجماعة أو منها، وهذا يعني ببساطة عدم إدخال أليلات جديدة في حوض مورثات الجماعة نتيجة الهجرة إليها، أو عدم حذف أليلات معينة من حوض مورثات الجماعة نتيجة الهجرة منها.

تمثل هذه العوامل الخمسة الشروط المثالية المجردة التي يندر تحققها في الجماعات الطبيعية، فلماذا إذن نزعج أنفسنا في شرحها ومناقشتها؟ السبب هو:

أ - بمقدار ما يفعل أي من هذه العوامل في الجماعة فإنه يكبح أو يعاكس العمليات الديناميكية للتغير وبالتالي عمليات التطور.

ب - من الضروري لفهم العمليات الديناميكية في التغير، أن نفهم أيضاً العوامل التي تعاكس هذا التغير. إن مجرى أي من هذه

العوامل، في كل عملية تطورية هو نتيجة التفاعل الديناميكي بين العوامل المسهمة في الاستقرار والعوامل المسهمة في التغير.

قانون هاردي - وينبرغ هو حجر الزاوية في علم الوراثة الجماعي من حيث مفهومه للتطور. ويمكن التعبير عنه بمصطلحات كمية تؤكد الطبيعة الصحيحة للتوازن المورثي. وفي أبسط شكل له، يمكن التكلم عن موقع مورثي يشغله أليلان فقط هما الأليل (A) والأليل (a) في هذه الحالة يوجد ثلاثة أنماط وراثية محتملة لهذه الأليلات:

الأول AA وهو متماثل اللواقح صاف راجح.

الثاني Aa وهو متخالف اللواقح هجين.

الثالث aa وهو متماثل اللواقح صاف متنح.

ينص قانون هاردي - وينبرغ على أن تواتر هذه الأنماط الثلاثة يبقى ثابتاً من جيل إلى آخر طالما أن الشروط الخمسة المشار إليها تبقى سائدة. وبتعبير آخر يمكن عرض قانون هاردي - وينبرغ كما يلي:

في جماعة شديدة الضخامة (غير متناهية نظرياً) عشوائية التزاوج يبقى تواتر الأنماط الوراثية (AA – Aa – aa) ثابتاً من جيل إلى جيل في غياب الاصطفاء والهجرة.

لنشرح ذلك رياضياً:

لنفترض أن تواتر AA في الجماعة هو 49% أو 0. 49.

وأن تواتر Aa في الجماعة هو 42% أو 0. 42.

وأن تواتر aa في الجماعة هو 9% أو 0. 09.

فعلينا توقع النسب نفسها في الجيل الثاني، مع توافر الشروط المذكورة.

لنفترض لغرض التسهيل أن عدد أفراد الجماعة هو 100 فأر وأن كلاً منها يقدم (10) أعراس إلى حوض المورثات فيكون:

* عدد الأنماط الوراثية من (AA) هو (49) وعدد أعراسها 490) (A

* عدد الأنماط الوراثية من Aa هو (42) وعدد أعراسها لكل من (A) و(a) (210).

* عدد الأنماط الوراثية من aa هو (9) وعدد أعراسها (90) (a).

يمكن جمع وإيضاح الإحصائيات السابقة كلها في الجدول التالي

الأنماط الوراثية		الأعراس		مجموع الأعراس
العدد	الصيغة	A	a	
49	AA	490	0	490
42	Aa	210	210	420
9	aa	0	90	90
المجموع الكلي للأليلات في الأعراس		700	300	1000

نلاحظ وجود (700) أليل من (A) و(300) أليل من (a).

أي بنسبة 3/ 7 = A /a في حوض مورثات أعراس الجماعة في أثناء الاقتران. فتواتر الأليل (A) هو 0.7 والأليل a هو 0.3.

أي إن الجيل الثاني حافظ على النسبة نفسها كما هو متوقع حسب قانون هاردي – وينبرغ.

يمكن حساب النسب المتوقعة لكل نمط وراثي في الجيل الثاني بطريقة جدول التحليل الوراثي (هذا لمن لديه إلمام بقوانين علم الوراثة).

الأعراس الذكرية			
0.7 A	**0.3 a**		
0.49	**0.21**	**0.7 A**	**الأعراس الأنثوية**
0.21	**0.09**	**0.3 a**	

هكذا نجد أن:

احتمال الحصول على النمط الوراثي AA هو:

$0.49 = (0.7 \times 0.7)$

احتمال الحصول على النمط الوراثي Aa هو:

$0.42 = (0.7 \times 0.3)\ 2x$

احتمال الحصول على النمط الوراثي aa هو $(0.3 \times 0.3) = 0.9$

وهذه نسب مطابقة للنسب الأصلية لدى الآباء.

من المعلومات السابقة يمكن التوصل إلى التعبير عن قانون هاردي – وينبرغ بمعادلة رياضية نستطيع بها التنبؤ بالنسب المحتملة للأنماط الوراثية. فإذا رمزنا إلى تواتر الأليل (A) بالحرف (p) وإلى تواتر الأليل (a) بالحرف q يكون:

احتمال تواتر النمط الوراثي AA هو $(p \times p)$ أو (p^2)

واحتمال تواتر النمط الوراثي (Aa) هو $(pxq) + (qxp)$ أو $(2pq)$.

واحتمال تواتر النمط الوراثي (aa) هو $(q \times q)$ أو (q^2).

وبما أن مجموع تواتر جميع هذه الأنماط الوراثية = 100% أي (1).

يمكن كتابة قانون هاردي - وينبرغ وفق المعادلة الرياضية التالية:

$p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

باستخدام هذه العلاقة يمكن مباشرة حساب التواترات (النسب) للأنماط الوراثية السابقة.

AA هو $p^2 = (0.7 \times 0.7) = 0.49$.

aa هو $2pq = 2 \times (0.7 \times 0.3) = 0.42$.

Aa هو $q^2 =$ هو $(0.3 \times 0.3) = 0.9$.

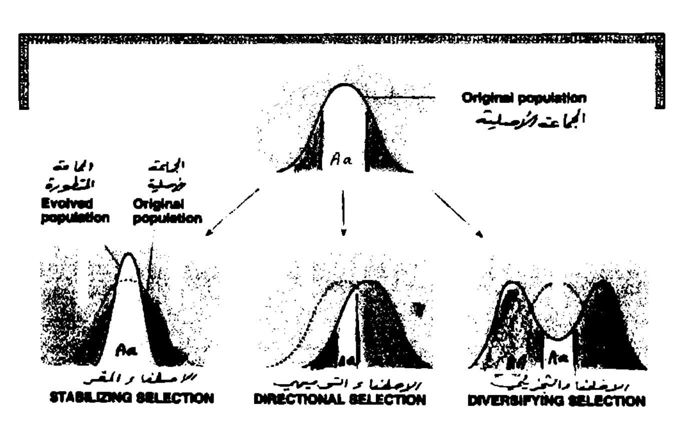
لهذا القانون أهمية واضحة في علم وراثة الجماعات، (لذلك أشرنا إليه بهذا الشكل من التفصيل الذي قد يمله القارئ)، فإذا استخدمناه في حساب تواتر المورثات في جيل ما لعينة من إحدى الجماعات، ولاحظنا انحرافاً في قيم التواتر للجيل الثاني، نستدل على وجود عوامل تفعل ضد المحافظة على التوازن المورثي داخل الجماعة، كالتزاوج اللاعشوائي أو الاصطفاء الطبيعي، وهذا يدل على تأثير بعض العمليات التطورية.

فالتطور بصورة أساسية هو انحراف في تواتر المورثات (عشوائياً أو لاعشوائياً) في الأجيال المتعاقبة.

2 – الاصطفاء الطبيعي (Natural selection)

يفعل الاصطفاء الطبيعي مباشرة في بعض الأنماط الظاهرية للجماعة، ويحدث تغيراً في نسبة الأنماط الظاهرية وبالتالي الأنماط الوراثية للجيل الثاني. وهو يؤثر في المجموع الكلي لقابلية التغاير داخل الجماعة سامحاً لبعض الأنماط الظاهرية بالتكاثر أكثر من غيرها.

يميز التطوريون بين ثلاثة أشكال مختلفة لكيفية تأثير الاصطفاء في قابلية تغير الجماعة وهي الاصطفاء المقر والاصطفاء التوجيهي والاصطفاء التجزيئي، (شكل 44).

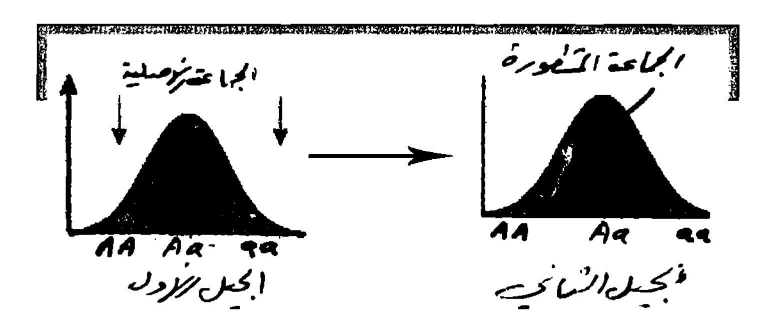


(الشكل44) اشكال الاصطفاء الطبيعي

أ – الاصطفاء المقر أو الموازن (Stabilizing selection)

يشاهد عندما تبقى الجماعة في بيئة ثابتة الشروط مئات أو آلاف الأجيال. إذ تكتسب هذه الجماعة تدريجاً أفضل التكيفات الملائمة

لبيئتها نتيجة حذف الاصطفاء للتكيفات الضارة والبقاء على الصفات الملائمة. (شكل 45).



(الشكل45) الاصطفاء المقر أو الموازن

وهنا يتم ترجيح النمط المتوسط المتخالف اللواقح (Aa) للصفة وإنقاص الشكلين المتطرفين الآخرين (AA) و(aa)، وأمثلة ذلك:

1 - أغلبية أفراد الجماعة متوسطة الطول والأقلية ذات قامات شديدة الطول أو قامات شديدة القصر وينطبق ذلك على الإنسان والحيوان والنبات.

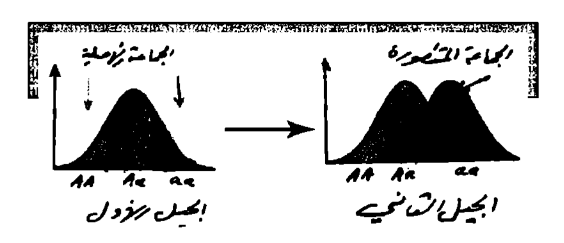
2 - تشير الإحصاءات أن نسبة الوفيات بين الأطفال الحديثي الولادة أعلى عند الذين يحيد وزنهم عن (4) كغ فإذا زاد الوزن أو نقص عن (4) كغ زادت نسبة الوفيات.

3 - وجد لدى بعض الطيور السويسرية في إحدى التجارب، أن أفضلها تكيفاً تلك التي تبيض إناثها خمس بيضات في العش. فالتي تبيض أكثر يتعذر عليها كفاية فراخها من الغذاء والتي تبيض أقل تعرض سلالتها للتناقص العددي فالانقراض.

هكذا يعمل الاصطفاء الموازن على تثبيت النمط المتوسط وترجيحه ويعاكس الشكلين المتطرفين الآخرين.

ب - الاصطفاء التوجيهي (Directional selection)

يتم هذا النمط عندما تتغير ظروف البيئة باستمرار مدة طويلة، ما يؤدي إلى ترجيح أحد النمطين المتطرفين على النمطين الآخرين المتوسط والمتطرف الآخر، فيرتفع تواتر مورثات النمط المفضل جيلاً بعد جيل، ويستمر هذا النمط من الاصطفاء لمصلحة الصفة المتطرفة المفضلة إلى أن يصبح أفراد الجماعة متماثلي اللواقح فيتوقف الاصطفاء. (شكل 46).



(الشكل46) الاصطفاء التوجيهي

من أمثلة هذا النمط نذكر:

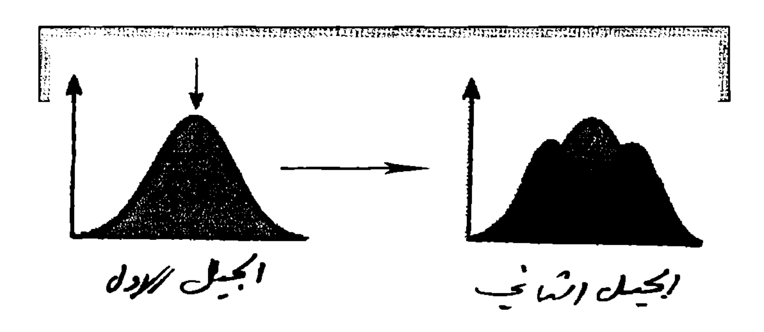
1 - تزايد مقاومة الذباب للمبيد الحشري (D.D.T) عند استخدام هذه المادة بصورة متواصلة، حيث يتم حذف الأفراد غير المقاومين والإبقاء على الأفراد المقاومين. إذا رمزنا إلى المورثة المقاومة (م) وإلى المورثة غير المقاومة (مَ) فالنمط الوراثي (م م) هو الذي يرجح تدريجاً على النمطين (م مَ) و(مَ مَ)، باستخدام (D.D.T) باستمرار.

2 - تزايد مقاومة البكتيريات للمضادات الحيوية (Antibiotics) بالآلية السابقة نفسها.

3 - مثال حشرة العث الرقشاء.

ج - الاصطفاء التجزيئي (Disruptive selection)

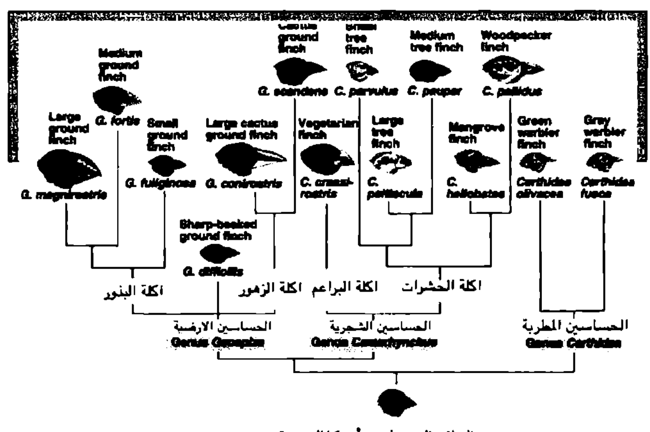
تعمل التغييرات المتباينة لظروف البيئة أحياناً، على ترجيح نمطين ظاهريين متطرفين على حساب النمط الظاهري المتوسط الذي يأخذ في التلاشي من الجماعة، وهذا يسمى الاصطفاء التجزيئي. (الشكل 47).



(الشكل47) الاصطفاء التجزيئي

وهو في الحقيقة نمط خاص من الاصطفاء التوجيهي، يتم فيه السير في اتجاهين (وأحياناً أكثر) بدلاً من اتجاه واحد. ويؤدي إلى انقسام الجماعة الواحدة أصلاً إلى مجموعات متمايزة. وكمثال واضح على ذلك نذكر حساسين داروين في جزر غالاباغوس.

كانت الجماعة الأصلية لهذا النوع من الطيور ذات مناقير متنوعة من حيث الشكل والحجم، (الشكل 48).



(الشكل48) حساسين داروين في جزر غالاباغوس

يقتصر الغذاء لهذه الطيور، في أوقات الجفاف والقحط، على حشرات الأخشاب المجوفة وبذور نبات الصبار. والاصطفاء الطبيعي رجّح الطيور ذات النمطين الملائمين لهذين النوعين من الغذاء.

فالحساسين ذات المناقير الطويلة، (شكل 49).



(الشكل49) مناقير طيور الحسون في جزر غالاباغوس

بقيت وعاشت لأنها استطاعت ثقب ثمار الصبار والوصول إلى بذورها. وكذلك الحساسين ذات المناقير العريضة الواسعة استمرت في العيش لأنها تمكنت من تقشير لحاء الأشجار لتعري الحشرات وتلتهمها، أما الحساسين ذات المناقير المتوسطة بين النمطين فلم تكن قادرة على توفير الغذاء بكفاءة من المصدرين السابقين وبالتالي كان حظها أقل في البقاء.

يجب ألا ننسى أن الاصطفاء الطبيعي قادر فقط على إحداث تغير في أنماط الأليلات تواترها في الجماعات عندما تتوافر في هذه الجماعات تغايرات وراثية كافية ومسبقة. فالتغايرات الوراثية هي المادة الخام للتغير التطوري.

3 – الانحراف الوراثي (Genetic drift)

يقصد بالانحراف الوراثي، العملية التي يتغير بوساطتها تواتر

الموروثات من جيل إلى آخر بفضل المصادفة وحدها، وحالات الانحراف الوراثي تحدث عادة في الجماعات الصغيرة القليلة العدد (قد يقل عدد الأفراد في الجماعة عن مئة) فمن المحتمل ضمن هذه الشروط وبالمصادفة أن تنتج بعض الأنماط الوراثية أنسالاً أكثر من غيرها في الجيل الثاني، ما يؤدي إلى زيادة تواتر مورثاتها منحرفاً عما كان عليه في الجماعة الأصلية وعن طريق المصادفة وحدها دون تدخل أي عامل توجيهي آخر. لنضرب على ذلك المثال التالي:

إذا حدث فيضان في بعض الأنهار وغمرت المياه الفائضة بعض المساحات إلى جانب ضفتيه، ثم عاد النهر إلى مجراه الطبيعي، تتشكل على الجوانب غالباً برك أو بحيرات صغيرة تحوي بعض الأسماك. وهذه الأسماك القليلة التي وجدت مصادفة في إحدى البحيرات تؤلف جماعة مؤسسة معزولة. قد يختلف تواتر المورثات فيها عما كان في الجماعة الأصلية. فإذا لم تجف البحيرة الناشئة وحافظت الجماعة المؤسسة فيها على ذاتها عدة أجيال فقد تنتهي بمجموعة من الصفات الخاصة تميزها من الجماعة الأصلية الأكبر في النهر.

وفي الطبيعة أمثلة عديدة على هذه الحالة نذكر إحداها عند الإنسان:

يوجد في إحدى المناطق من ولاية بنسلفانيا الأميركية مجموعة معزولة من الناس تمتنع عن التزاوج مع غيرها. عدد سكانها حوالى (20.000) نسمة ويتصف (13)% من أفرادها بالقزامة وتعدد الأصابع

(أكثر من خمس أصابع) وهذه نسبة كبيرة جداً مقارنة بما يجب أن تكون عليه نسبة هاتين الصفتين في الجماعات الطبيعية.

تأسست هذه الجماعة عام (1770) بنزوح عدد قليل جداً (أقل من 100) من الأفراد إلى منطقتهم الحالية، وعزلوا أنفسهم عن بقية العالم. وكان أحدهم يحمل بالمصادفة مورثات القزامة وتعدد الأصابع فانتشرت هاتان الصفتان بنسبة عالية في الأنسال بالمصادفة دون الاصطفاء أو عوامل أخرى.

4 – الموجات المورثية (Genetic waves)

وهي انتقال المورثات (الجينات) من جماعة إلى جماعة أخرى مختلفة من خلال التزاوج فيما بينهما. قد يتغير تواتر المورثات في الجماعات إذا كانت الموجة المورثية بين جماعتين مختلفتين تماماً، إنما يمكن التزاوج بينهما أي تنتسبان إلى النوع نفسه.

أما في النباتات فقد تحدث الموجة المورثية حتى بين جماعتين متجاورتين لنوعين مختلفين.

وفي الجماعات البعيدة بعضها عن بعض جغرافياً يتم التزاوج عن طريق هجرة بعض الأفراد من جماعة إلى أخرى. وفي بعض الحالات يتم الانتقال المورثي من جماعة بعيدة عن جماعة أخرى بالمرور عبر جماعة ثالثة واقعة بينهما جغرافياً.

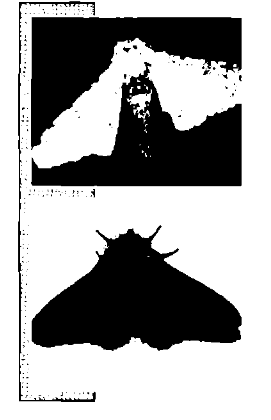
5 – التطور ميدانياً – حشرة العث الرقشاء

درج الناس على الاعتقاد بأن تحول الأنواع يستغرق زمناً طويلاً بحيث لا يمكن أبداً ملاحظته مباشرة. ولكن الواقع هو أنه يمكن أحياناً مشاهدة حدوث الاصطفاء الطبيعي أمامنا خلال عدد قليل من السنين، كنا ذكرنا بعض الأمثلة عن ذلك ونعرض الآن مثالاً عن التطور السريع حيث كان يحدث في إنكلترا أثناء حياة داروين دون أن يعرف به ودون أن يتوقع إمكانية حدوث هذا الأمر.

يعيش في إنكلترا الشمالية نمط من الحشرات يسمى حشرة العث الرقشاء أو الفراشة الفلفلية، ذات الأجنحة الملطخة بالبقع السوداء والبقع البيضاء. وهي تفضل الاستراحة على الأشجار ذات اللحاء المائل إلى الألوان الخفيفة (الفاتحة) (شكل 50)، والتي ينمو عليها نمط من الحزازيات المائلة إلى اللون الأبيض.

تحب الطيور المحلية مذاق هذه الحشرة فتأكل منها قدر ما تستطيع، لكن أجنحة العث تفيده في التمويه إذ إن تلوينها الملطخ بالأبيض والأسود يختلط مع اللحاء والحزازية فيصعب على الطيور ملاحظتها.

كان لأغلب الحشرات في مطلع القرن



(الشكل50)
اللون الأبيض
واللون القاتم
لأجنحة حشرة
العث الرقشاء

التاسع عشر أجنحة يغلب عليها اللون الأبيض لزيادة نسبة البقع البيض عن السود في الأجنحة، لكن نسبة قليلة من الحشرات فضلت الاستراحة على الأشجار ذات اللون الأدكن فكان لها أجنحة قاتمة اللون لزيادة نسبة البقع السوداء. وحالما أخذت الثورة الصناعية في التقدم والاتساع زاد عدد المصانع في إنكلترا الشمالية وزادت كمية هباب الكربون المنطلق منها إلى الهواء المحيط وهذا التلوث لم يقتصر على قتل الحزازيات وإنما غطى الأشجار بالشحتار الأسود، فتبدلت بيئة العث، وعندما حطت الحشرات ذات الأجنحة «الفاتحة اللون» على الأشجار الدكناء أصبحت سهلة الرؤية فالتهمتها الطيور بسهولة وبنسبة أكبر بكثير من الحشرات ذات الأجنحة الدكناء المموهة في البيئة الجديدة (شكل 51)، وهذا النمط ورّث صفاته إلى أنساله تدريجاً إلى أن أصبحت نسبة الحشرات ذات الأجنحة الدكناء عام 1900 حوالى 98%.

لقد شوهد التحول بالاصطفاء الطبيعي مباشرة وعلى بعد أميال قليلة من المكان الذي ولد فيه داروين.



(الشكل 51) التمويه لدى حشرة العث الرقشاء

بعد ذلك صدرت في الخمسينيات من القرن الماضي في إنكلترا قوانين صارمة لمكافحة التلوث ما أدى إلى الحد من انطلاق غازات المصانع في الجو؛ وفي التسعينيات خف التلوث إلى درجة كبيرة فعادت الحزازيات إلى النمو على الأشجار وأخذ اللحاء المائل إلى البياض في الظهور وانقلب الوضع وزال التمويه عن الحشرات الدكناء، فأصبحت فريسة للطيور. أما الحشرات القليلة المائلة إلى البياض فسلمت من جديد وتزايدت نسبتها تدريجاً حتى أصبحت الغالبة في الوقت الحاضر.

ب – التطور الكِبْري (MACROEVOLUTION)

في كتابه «أصل الأنواع» واجه داروين مشكلتين عظيمتي الأهمية في العملية التطورية هما:

1) كيف نشأت الاختلافات بين الأنواع (التنويع).

2) كيف أصبح كل نوع متكيفاً مع بيئته الخاصة ومع نمط الحياة (التكيف).

أما التكيف فقد اعتبره الاختبار الحاسم لنظريته. إذ لاحظ أن بعض التكيفات في الطبيعة على درجة من الغرابة والتعقيد. بحيث يبدو أنه يجب أن تنشأ بطريقة خاصة، مثال ذلك عين الفقاريات فقد كتب عنها:

«أن نفترض بأن العين بكل مخترعاتها التي تتمتع بهذا الضبط والإحكام والتبوؤر (Focus) للمسافات المختلفة، ولتقبل مقادير

متفاوتة من الضوء، ولتصحيح الزيغان الكروي واللون، أن نقبل بأن كل ذلك جرى بالاصطفاء الطبيعي... إني أعترف بأن ذلك مناف للعقل بأقصى درجة».

ومع ذلك فإنه ألح بإصرار بأنها لا بد أن تكون تطورت بهذه الطريقة على الرغم من فقدان الدليل على وجود أشكال انتقالية في ذلك الوقت.

فإذا كانت التحريات والتجارب الحديثة تستطيع، استناداً إلى مبدأ الاصطفاء الطبيعي، تفسير مثل هذه التكيفات المعقدة، فيمكن قبوله عندئذ كأفضل تفسير لكيفية حدوث التطور. (تجد بحثاً خاصاً عن تطور العين بحسب أحدث الآراء في نهاية الكتاب). أما الآن فنعود إلى موضوع التطور الكبري والتنويع.

التنويع (Speciation) والانعزال (Isolation)

التنويع (نشوء الأنواع) هو العملية التي يتم بها نشوء نوعين أو أكثر ابتداء من نوع واحد. وهذه الظاهرة هي المسؤولة عن التنوع الكبير والاختلاف بين الأحياء على الأرض. فهي مظهر أساسي من مظاهر تطور سائر الجماعات.

1. التنويع

التنويع عملية بطيئة عادة تحدث بعدة آليات هي التنويع المتباين الموطن والتنويع المتجانس أو المتشابه الموطن والتنويع الفجائي أو البتري.

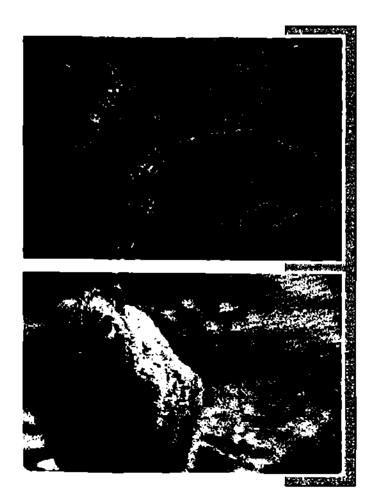
أ – التنويع المتباين الموطن (Allopatric speciation) والانعزال الجغرافي

هو أكثر أشكال التنويع انتشاراً ويتضمن عدة خطوات متتالية أهمها الخطوة الأولى وهي الانعزال الجغرافي حيث تتحول إحدى الجماعات إلى مجموعتين أو عدة مجموعات منفصلة نتيجة التبدل في البيئة الطبيعية كأن يمر نهر في أحد الحقول فيقسمه إلى بيئتين وجماعتين منعزلتين.

أما الخطوة الثانية فهي التطور المستقل لحوض مورثات الجماعات المنعزلة بعضها عن بعض. فبما أنه من العسير أن يكون لجماعتين منعزلتين التغايرات نفسها كمياً ونوعياً في الوقت نفسه، وبما أن كل جماعة تقطن منطقة جغرافية مختلفة قليلاً عن المنطقة الأخرى، وتتعرض لضغوط اصطفائية مختلفة إلى حد ما، فإن تواتر المورثات يتبدل ويصبح مختلفاً فيما بينهما بمرور الوقت.

وهذه الاختلافات تتراكم تدريجاً إلى أن تصبح الجماعتان منعزلتين جنسياً الواحدة عن الأخرى، ويمتنع التزاوج والتكاثر بينهما. أي إنهما تمثلان بعد ذلك جماعتين عاجزتين فيما بينهما عن إنجاب أنسال قادرة على الحياة. وكمثال على هذا النمط من التنويع نذكر حالة السنجاب الذي يعيش في منطقة من الولايات المتحدة هي الوادي الكبير، حيث توجد جماعتان من السنجاب إحداهما في الضفة الشمالية والثانية في الضفة الجنوبية من هذا الوادي، (الشكل 52). ومع أنهما متشابهتان شكلياً إلا أن لهما بعض الملامح المختلفة وتعدان

نوعين منفصلين لعدم وجود موجات وراثية متبادلة بينهما بصورة طبيعية.



(الشكل52)
السنجاب في الوادي الكبير

يفترض البيولوجيون أن النوعين من هذا السنجاب انبثقا في الماضي من جماعة واحدة كانت تقطن في المنطقة برمتها والممثلة الآن بالضفتين الشمالية والجنوبية للوادي، وإن التوسع في حواف النهر الفاصل (نهر كولورادو) والتعمق المتلاحق للوادي خلق حاجزاً جغرافياً حال دون حدوث الموجات الوراثية بين المجموعتين المفصولتين.

وبما أن الاختلافات البيئية طفيفة بين الضفتين الشمالية والجنوبية فلا بد أن يكون الضغط الاصطفائي مختلفاً بينهما إلى الحد المؤدي إلى التشعب والتنويع بمرور الزمن، ذلك لأن التغايرات بفضل الطفرات والتراكيب الوراثية الجديدة مختلفة في الجماعة الأولى عما هي عليه في الجماعة الثانية، ولا يحدث أي اختلاط بينهما نتيجة الانعزال البيئي الجغرافي.

ب - التنويع المتجانس الموطن (Sympatric speciation) والانعزال التكاثري

يحدث هذا النمط من التنويع عندما يتم انعزال تكاثري بين جماعتين أو أكثر قبل حدوث أي تشعب تشريحي أو وظيفي. وهو أقل حدوثاً من التنويع المتباين الموطن، ومن أمثلته حالة الطفيليات التي يكون التغير فيها سلبياً باتجاه انخفاض نشاطها الحيوي، فمن بيئة جغرافية واحدة تعيش الطفيليات وتتزاوج في أكثر من مضيف أجيالاً عديدة فتتشكل مستعمرة من الأفراد في كل مضيف. وكلما انتقل الطفيلي من مضيف إلى آخر، أبدى تكيفات جديدة متلائمة مع الوسط الحي الجديد وتغايرات تميزه من نوعه الأصلي.

ج - التنويع الفجائي أو الأبتر (Abrupt speciation) وتعدد الصيغة الصبغية

يفعل هذا النمط من التنويع خلال جيل واحد أو جيلين وبانقطاع حاد ومفاجئ للصفات المورفولوجية والفيزيولوجية ويتم بعدة آليات منها الصيغة الصبغية المتعددة (Polyploidy)، إذ إن حدوثها في بعض المتعضيات يفقدها القدرة على إنجاب أنسال خصبة عند تزاوجها مع الآباء، وبذلك تنعزل المتعضيات الجديدة تكاثرياً عن الجماعة الأصلية في جيل واحد فقط. وإذا قيض للمتعضيات ذات الصيغة الصبغية المتعددة أن تتكاثر بعضها مع بعض في بيئة ملائمة تكون قد شكلت نوعاً جديداً.

هذه الحالة نادرة الحدوث عند الحيوانات ولكنها كثيرة الانتشار

لدى النباتات. ويقدر الباحثون أن 40% من أنواع النباتات الزهرية نشأ بوساطة الصيغة الصبغية المتعددة.

نستنتج مما تقدم أنه لكي يحدث التنويع التشعبي بجميع أشكاله، لا بد من توافر عامل أساسي بصورة مطلقة وهو الانعزال التكاثري بين الجماعات.

ومن المهم أن نؤكد أنه لكي يحدث التنويع الحقيقي بصورة مؤكدة، يجب توقف الموجات المورثية بين الجماعات، فإن تمت الموجات المورثية مباشرة بين جماعتين فلا تتشعب هاتان الجماعتان بصورة كافية ليؤلف كل منهما نوعاً مستقلاً. وذلك في حالة التنويع المتباين الموطن والتنويع المتجانس الموطن.

2 - آلية الانعزال التكاثري

لكي يؤدي تشعب الجماعات إلى أنواع جديدة يجب أن تصبح الجماعات وتبقى منعزلة تكاثرياً بعضها عن بعض. وثمة عدة أشكال من الانعزال التكاثري وكلها تقود إلى التأثير نفسه وهو إخفاق التزاوج بين الجماعتين المنعزلتين تكاثرياً، في إنتاج أنسال خصبة أو إنتاج أنسال ضعيفة القدرة على العيش. وتصنف هذه الأشكال ضمن مجموعتين أساسيتين هما الانعزال السابق للتزاوج والانعزال اللاحق للتزاوج.

أ - الانعزال السابق للتزاوج

وله عدة حالات:

1 - الانعزال الزمني

وفيه تختلف الفترة التكاثرية للجماعتين اللتين قد تقطنان المنطقة الجغرافية نفسها. فقد تكون في فصلين مختلفين من فصول السنة أو في ساعات مختلفة من اليوم نفسه فلا يحدث تبعاً لذلك التزاوج بين الجماعة الأولى والجماعة الثانية. مع أن التماس متوافر بين الجماعتين؛ وهذا النمط من الانعزال شائع لدى النباتات ولدى بعض أنواع الحشرات والحلزون والضفادع.

2 - الانعزال البيئي

يحدث نتيجة اختلاف البيئتين الجغرافيتين مثاله: الفأر المسمى «الفأر الغزال» (Peromyscus) توجد جماعتان من هذا الفأر يمكن حدوث التزاوج بينهما في المخبر. وفي الطبيعة تعيش إحداهما في الغابة والثانية في الحقل. وكل جماعة لا تغادر مقطنها، وقد وصل التشعب والتباعد بينهما إلى درجة قريبة من تكوين نوعين مستقلين.

3 - الانعزال العروسي

ينتج من حدوث تبدلات طفرية في كيمياوية الأعراس أو السائل المنوي لجماعة ما، فيمتنع الإلقاح (الإخصاب) بين أعراسها وأعراس الجماعات الأخرى من النوع نفسه. ويشاهد هذا النمط من الانعزال لدى عدة أنواع منها قنفذ البحر.

4 – الانعزال السلوكي

تبدي الذكور والإناث لبعض أنواع الطيور والأسماك والحشرات أنماطاً مختلفة من السلوك والحركات التي تجذب الجنس الآخر، فذكور بعض الطيور كالطاووس، كما رأينا، تنشر ريشها لاجتذاب إحدى الإناث إليها والتزاوج معها، (أنظر الشكل 9). وإذا أخفق أي فرد في إنجاز الحركات السلوكية المطلوبة في الوقت المناسب فإن الفرد التابع للجنس الآخر لا يستجيب لعملية الاقتران.

5 – الانعزال الميكانيكي

يعود إلى اختلافات تشريحية في بنية الأعضاء التناسلية ما يحول دون حادثة الاقتران بشكل طبيعي، ولكن يتم الإخصاب تجريبياً بين الأعراس الذكرية والأعراس الأنثوية.

يلاحظ هذا النمط من الانعزال لدى الكلاب حيث يتعذر التزاوج بين السلالات الضخمة والسلالات الصغيرة الحجم.

ب – الانعزال اللاحق للتزاوج

وله عدة أشكال:

1 – موت الأفراد الهجينة

قد يتم الإخصاب بين الأعراس لجماعتين، لكن الأجنّة الناتجة تكون ذات قدرة ضئيلة على العيش لعدم توافق الذخيرتين الوراثيتين بعد اختلاطهما معاً، وقد تتطور بعض الأجنة طبيعياً لكن الأفراد

يموتون قبل البلوغ. وبذلك تنعزل الجماعتان الواحدة عن الأخرى لعدم تمكن الأنسال من الوصول إلى مرحلة النضج الجنسي.

2 – عقم الأفراد الهجينة

في بعض الحالات قد يتم الإلقاح والنمو بشكل طبيعي، لكن الأفراد الهجينة تكون عقيمة، لاختلاف العدد الصبغي بين الأبوين، ما يؤدي إلى إخفاق حادثة الازدواج في الانقسام المنصف عند تشكل أعراس الأنسال، التي تصبح غير وظيفية. ومن الأمثلة على ذلك حالة البغل الذي هو حصيلة التزاوج بين ذكر الحمار وأنثى الحصان (الفرس). فالبغل لا ينتج أعراساً وظيفية عادة فيصاب بالعقم. وهنا يلاحظ أن التشعب وصل بهذه الجماعات إلى مرحلة الأنواع المستقلة المنعزل بعضها عن بعض تكاثرياً.

3 – ضآلة تلاؤم الهجين

قد تكون الأفراد الهجينة خصبة لكن أنسالها تكون أقل تلاؤماً مع البيئة من آبائها الأصليين. ويستمر التناقص في التلاؤم جيلاً بعد جيل، ما قد يؤدي في النهاية إلى حذ ف الأنسال من الجماعة نتيجة المنافسة والاصطفاء السلبي.

ج – نتائج التطور

يؤدي التطور إلى نتائج أهمها زيادة الأنواع والتكيف.

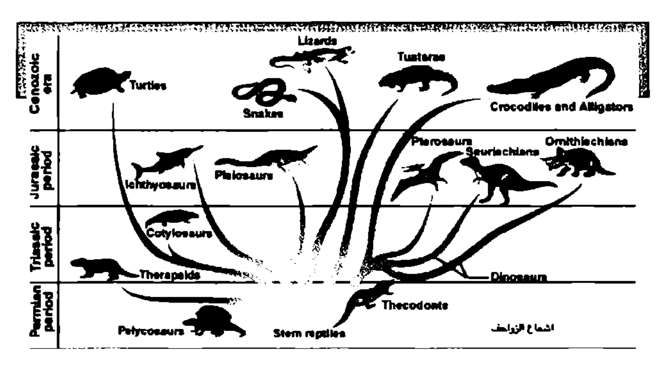
1 – التشعب وزيادة الأنواع

إن التشعب من سلف وحيد وتشكيل أنواع جديدة متلائمة مع

بيئات شديدة الاختلاف من حيث طرائق الحياة يسمى «الإشعاع التكيفي» (Adaptive radiation) ويتميز عادة بتشعب سريع يمكن أن يتأتى عن استثمار بيئات أو موارد غير مستغلة في إحدى المناطق. إنه طريقة تطورية هامة حدثت مرات عديدة خلال مجرى قصة الحياة على الأرض نذكر منها:

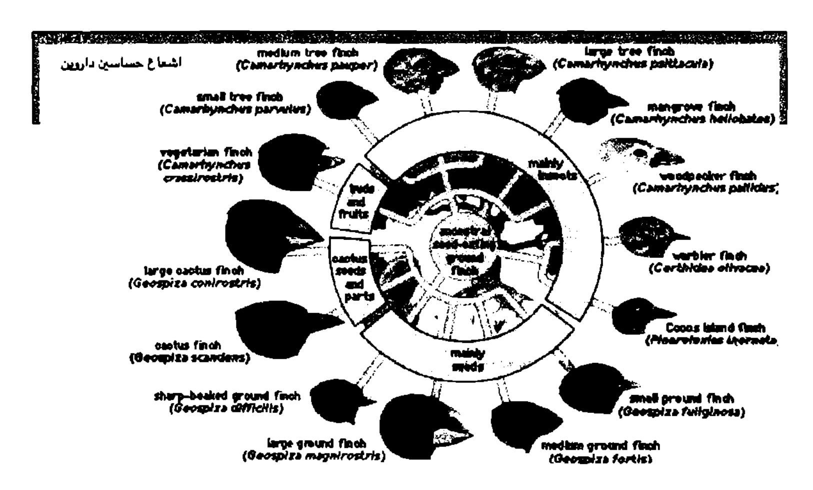
1 – غزو الفقاريات لليابسة منذ 350 – 400 مليون سنة وإشعاعها وتشعبها ضمن بيئات خالية من الحيوانات المنافسة.

2 – إشعاع الزواحف منذ (60) مليون سنة، (شكل 53).



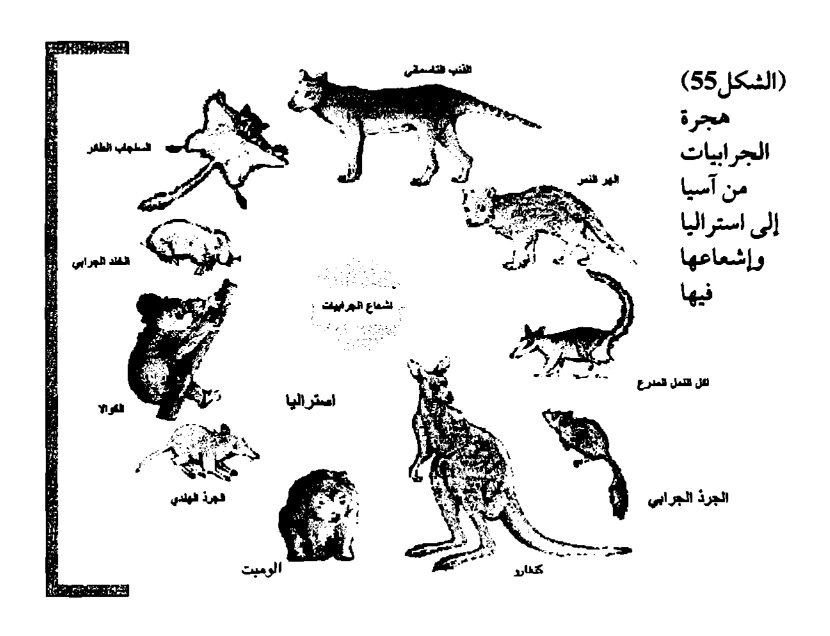
(الشكل53) إشعاع الزواحف

3 – إشعاع حساسين داروين في جزر غالاباغوس منذ حوالى مليون سنة، شكل(54).



(الشكل54) إشعاع حساسين داروين

4 – هجرة الجرابيات إلى استراليا ابتداء من آسيا وعن طريق القطعة من اليابسة التي كانت تصل بين القارتين آنئذ، (شكل 55).



(الشكل55) هجرة الجرابيات من آسيا إلى استراليا وإشعاعها فيها

2. التكّيف (Adaptation)

هو التعديل الذي يطرأ على بنية المتعضية ووظائفها فيسمح لها باستخدام البيئة التي تعيش فيها واستغلالها بكفاءة.

أما من الناحية التطورية فقد نتجت التكيفات عبر أجيال عديدة عن طريق الاصطفاء الطبيعي الذي يصيب التغيرات على المستوى الوراثي. أي إن التكيفات التطورية تبنى داخل حوض مورثات الجماعة وداخل الأنماط الوراثية لأعضاء الجماعة.

من المهم ألا نخلط بين المفهوم التطوري للتكيف والمفهوم الشائع في لغة الحياة اليومية، إذ يستخدم هذا التعبير للاستجابات الجسمية التي تبديها المتعضيات فيزيولوجياً وتشريحياً وسلوكياً نحو الظروف الجديدة التي تواجهها، كازدياد معدل نمو الشعر عند الثدييات في الشتاء وارتفاع عدد الكريات الحمر عند الإنسان الذي يقطن في الأماكن المرتفعة. وفي مثل هذه الحالات يفضل البيولوجيون استعمال كلمة «تأقلم» (Acclimatization) بدلاً من كلمة «تكيف» (Adaptation).

للتكيف أشكال عديدة: تشريحي وبيوكيمياوي وسلوكي وكلها ذات تأثيرات متبادلة تعمل متشابكة فيما بينها لضمان مصلحة المتعضية في مقطنها الطبيعي.

أ - التكيف التشريحي

هو أكثر أشكال التكيف وضوحاً ودراسة. مثاله تكيف البنية الخاصة لقدم الطيور للقبض أو الجثوم أو السباحة أو حشو الأعشاش.

ب – التكيف الوظيفي

مثل وجود بعض الأنزيمات لهضم أطعمة خاصة كالأعشاب أو القدرة على التنظيم الحلولي لدى المتعضيات المائية ولا سيما البحرية منها.

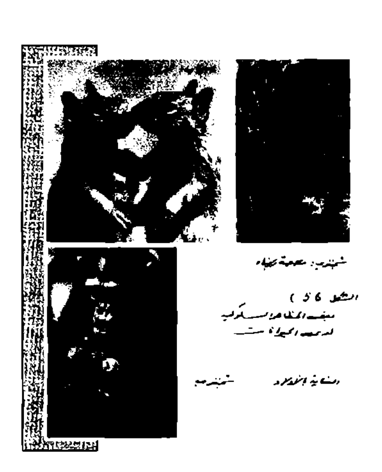
ج – التكيف الكيمياوي الحيوي

كالتأثيرات المتبادلة بين المسالك الاستقلابية مثل العلاقة بين مسالك صنع البروتينات وصنع السكريات وتحول كل منها إلى الآخر وفق الحاجة والمقدار الموجود.

د – التكيف السلوكي

يشاهد لدى الحيوانات فقط، (شكل 56). مثاله: الاستجابات السلوكية الموروثة بين الذكور والإناث كل نحو الجنس الآخر. أو الخاصية الدفاعية للإناث عن صغارها (غريزة الأمومة) وقدرة بعض الطيور على الهجرة مسترشدة بالنجوم.

يجب ألا يغيب عن بالنا عندما ننظر إلى التكيفات بأنها حصيلة التطور، المسألة النسبية لهذه التكيفات. فكفاءة الاحتفاظ بالماء لدى الحيوانات والنباتات



(الشكل56)
المظاهر السلوكية
لبعض الحيوانات

الصحراوية أمر نسبي يجب قياسه على تكيف آخر من هذا النمط، أي أنه ليس ثمة سلم مطلق لفعاليات التكيفات. وهذا يعني استحالة وجود تكيف بالصورة الكاملة، فلا يمكن لأي حيوان مثلاً أن يجري مدة غير محدودة تخلصاً من مفترس، ولا يمكن لأي نبات أن يحتفظ بالماء بنسبة 100% ما يترك مجالاً لتحسين أي نمط من التكيفات.

ليس هناك إذن، نهاية لتطور التكيف، إنه مستمر ما دام النوع الذي يتصف به على قيد الحياة. كما أنه تجب الإشارة إلى أن الاصطفاء الطبيعي لا يعمل على زيادة القدرة التكيفية لصفة بمفردها وإنما على زيادة القدرة التكيفية للمتعضية برمتها.

فيما يلي مثال تفصيلي عن تاريخ تطور الحصان يلخص مجمل الأفكار السابقة عن كيفية حدوث التطور

د – تطوّر الحصان وتكيفاته

يزودنا أصل الحصان الحالي وتطوره بمثال ممتاز عن التنويع التشعبي والتكيف عبر الزمن الجيولوجي، حيث تتوافر الأدلة الأحفورية الغزيرة للستين مليون سنة من التاريخ التطوري للنجاح الذي لاقاه جنس الحصان (Equus) من فصيلة الخيليات (Equidae). إذ مرت هذه الفصيلة خلال تاريخها بمراحل مكافئة لحوالى ثلاثين نوعاً. فما هي الضغوط الاصطفائية التي ساعدت على توجيه المسلك التطوري للحصان؟ وما هي التكيفات الهامة التي أبدتها هذه الزمرة من

الثدييات (اللبونات)؟ وكيف تفاعلت هذه التكيفات بعضها مع بعض في تصميم الشكل الذي انتهى إليه الحصان الحالي؟

1. تكيفات الحصان الحالي

الخيول من اللبونات الحافرية المجهزة بقدم ورجل ذات بنية متكيفة مع الجري السريع في السهول الصلدة الراسخة التي تشكل موطنها الطبيعي.

تضم فصيلة الخيليات حالياً الحصان والحمار والحمار الوحشي (Zebra).

تتألف رجل الحصان (شكل 57) من إصبع وسطى مشابهة للإصبع الوسطى لأيدينا. أما الأصابع الأخرى فقد ضمرت إلى حد بعيد وأصبح ظفر الإصبع الوسطى حافراً يؤمن الدعم الكبير والدائم للرجل برمتها.

كما أن عضلات كل رجل ترتبط إلى جوار النهاية الأقرب إلى الجسم فتعمل على تحريك الرجل بشكل يشبه حركة النواس (الرقاص) نصف الحر.

وهذا الترتيب المنظم ملائم بشكل مدهش للحركات السريعة الخفيفة.



(الشكل 57)
بعض أعضاء الحصان الحالي

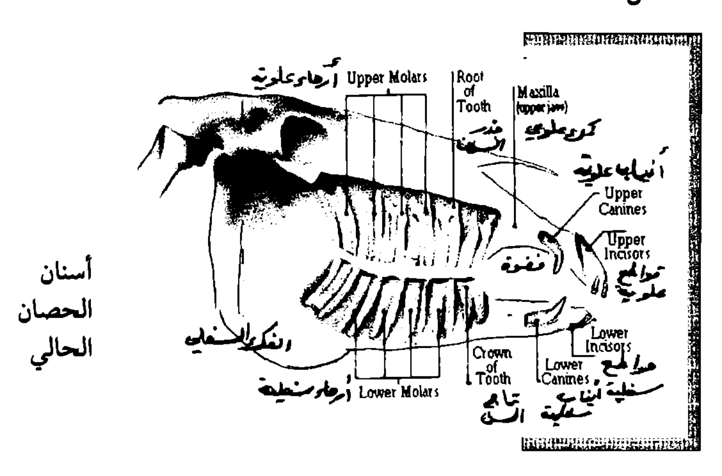
تحصل الخيول على غذائها برعي الأعشاب والنباتات الأخرى التي تغطي سطح التربة. ولكي ترعى عليها أن تخفض رؤوسها لتصل إلى الأرض وهي مسألة معقدة أمكن حلها كما يلي:

1 – طول العنق وهذا تكيف مع الجري السريع.

2 – ضخامة الجمجمة وعلى الخصوص استطالة عظم الفك.

3 – استطالة القسم الأمامي من الجمجمة نفسها أي بإطالة الأنف إلى خطم (أنف الحيوان). ما أدى إلى تشكل فضوة في الأسنان بين القواطع والأرحاء استغلها الإنسان لوضع اللجام فيها كي يتحكم في حركات الحصان. (شكل (58).

(الشكل58)



أسنان الحصان الحالي

هذا، وإن بنية أسنان الحصان ملائمة بشكل لافت لنمط حياته في الرعي. فالضواحك والأرحاء صلبة متماسكة وممتلئة تعمل كطواحن شديدة الفعالية. فالأعشاب تحتوي على مقدار جيد من ثنائي أكسيد

السيليسيوم (SiO2). وهو مادة كاشطة للغاية تبري (تحتّ) أسنان الحصان باستمرار. لكن نمط نمو أسنانه يتغلب على هذه المشكلة بصورة ملحوظة.

وإن سطح الضواحك والأرحاء (شكل 57) مجهز بحواف ذات مجموعة معقدة من خطوط الميناء الصلبة المتوضعة في مادة من العاج والملاط الأكثر طراوة، فتتآكل بسرعة أكبر من تآكل الميناء. وينتج من هذا التفاوت في التآكل سطح مخطط خشن لا يختلف عن حواف حجر الرحى القديم. وتبرز حواف سطح الميناء فوق المادة الطرية فتعمل كأزاميل صغيرة لسحق الأعشاب القاسية.

لا يتسع المجال لشرح تفصيلي لجميع تكيفات الحصان ونكتفي بالتركيز على النقاط التالية:

1 - تشكل الرجل النحيفة والحافر الوحيد باستطالة الإصبع الوسطى مع ضمور الأصابع الأخرى.

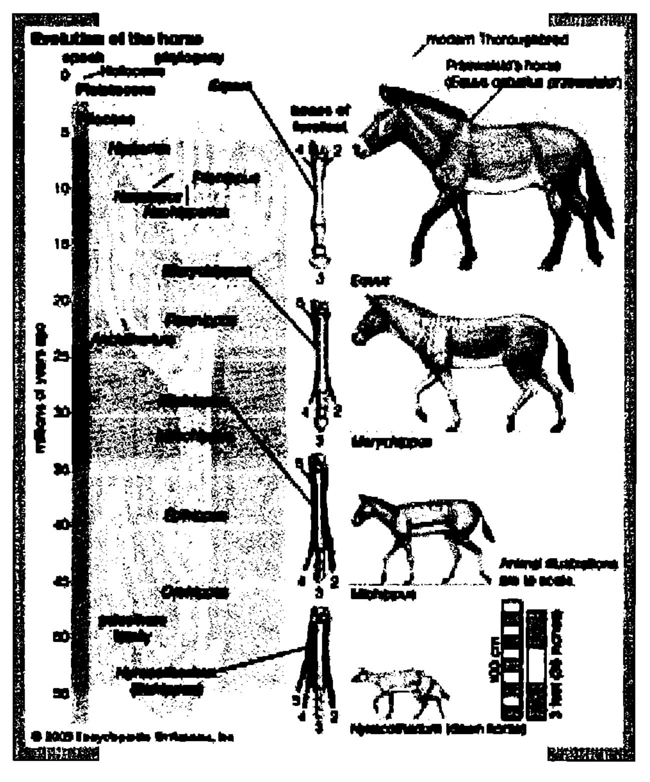
2 - استطالة المنطقة الجبهية للجمجمة (أمام العينين) بشكل خطم.

3 - نمو الضواحك والأرحاء إلى طواحن بارزة عالياً ودائمة النمو.

2 - الحصان البدئي

إن أقدم حيوان لبون أبدى علامات حقيقية تدل على نوع الحصان ظهر في عصر الإيوسين منذ حوالى (60) مليون سنة. ولم يكن هذا الحيوان الصغير المسمى إيوهيبوس (Eohippus) أو الهيراكوثيريوم

(Hyracotherium) إلا بحجم الثعلب تقريباً وكانت له أربع أصابع في القدم الأمامية وثلاث في الخلفية (شكل 59). وكل إصبع كانت تنتهي بظفر صغير أصابه بعض التعديل (حافر). أما الأنف فقد استطال ولكن لم يكن له الخطم الممتد الذي يميز الحصان الحالي.



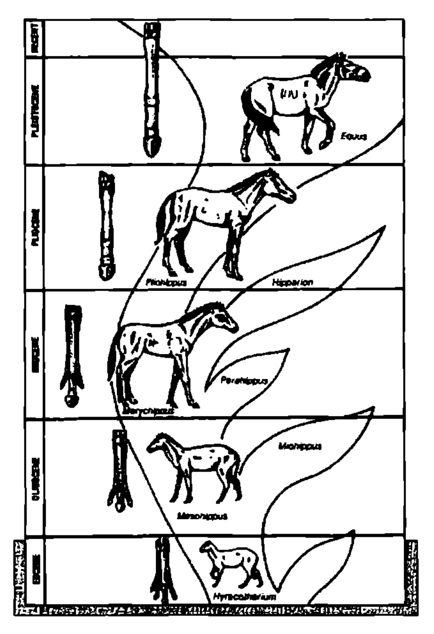
(الشكل59) بعض مراحل تطور الحصان

كان للايوهيبوس أسنان بسيطة. الأرحاء مشابهة لأرحائنا وذات تيجان خفيفة وجذور نامية متشعبة وسطوح مغطاة بالحدبات وليس بالحواف.

عاش الأيوهيبوس في الغابات يرعى الأعشاب الطرية الغضة، وكانت قدمه المتعددة الأصابع تدعمه على الأرض الطرية للغابة بتوزيع ثقله على مساحة أوسع. إصبعه الوسطى أكبر من الأصابع الأخرى بشكل واضح، وقد كان مع الغالب يتجنب الأعداء بالاختباء أكثر من الجري.

من الأيوهيبوس إلى الحصان الحديث

إن تاريخ تطور الحصان الشديد التبسيط كما يبدو في (الشكل 60)، يسلط الضوء على جملة من الأشكال الانتقالية الوسطية بالإضافة إلى أشكال انتهائية عديدة ومنقرضة بين الأيوهيبوس والأيكيوس.



(الشكل60) تاريخ تطور الحصان

يمثل الميوهيبوس والميريكيبوس التشعب الأول المهم في تطور فصيلة الخيليات ابتداء من السلف المشترك لهما وهو الأيوهيبوس.

بقي الأيوهيبوس في الغابات واستمر كحيوان عاشب بينما تكيف الميريكيبوس مع حياة السهول المفتوحة. ولم يكن هذا الافتراق وليد الصدفة، ففي عصري الإيوسين والأوليغوسين ساد مناخ دافئ وحار في معظم مناطق الأرض وانتشرت بغزارة الغابات الدائمة الخضرة الاستوائية والمدارية مزودة الحيوانات العاشبة بالغذاء الوافر. ومع مرور الزمن بدأت الأرض بالبرد والتجفاف، وبدأت البراري والسهول العاشبة بالظهور، وكان الميريكيبوس قابلاً للتكيف، بالمعنى التطوري، لهذه التبدلات. وهذا كان حقاً تطوراً خطيراً في تاريخ فصيلة الخيليات. لم يكن يوجد في السهول إلا عدد قليل من الحيوانات المنافسة للميريكيبوس، فهي جديدة وغير مستثمرة. كما أن الميريكيبوس يبدي تشريحياً تكيفات متميزة للحياة في السهول، فمع أنه لا يزال يمتلك ثلاث أصابع، إلا أن الإصبع الوسطى كانت راجحة بوضوح أشد مما هي عليه في الأيوهيبوس والميوهيبوس (شكل 59)، بالإضافة إلى أن الميريكيبوس كان حيواناً عاشباً بامتياز فللأرحاء حواف متميزة والخطم متطاول وثخين.

حالما توطد الميريكيبوس في السهول خضع لإشعاع تكيفي نجم عنه عدد من الأنواع الجديدة أهمها الهيباريون (Hipparion) والبيلوهيبوس (Pliohippus). وأغلب هذا الإشعاع حدث سريعاً في الميوسين (منذ 25 مليون سنة) والبيلوسين (منذ 13 مليون سنة). وبما

أن خيول الميوسين والبليوسين كانت سريعة الحركة والتنقل فإنها هاجرت وانتشرت في بقاع عديدة من سطح الأرض، وبينما بقي الميريكيبوس في موطنه الأصلي، أميركا الشمالية، فإن أحد أنساله الهيباريون هاجر إلى العالم القديم لينتشر في أوروبا وآسيا وأفريقيا أيضاً. وهذه الهجرات الواسعة كانت ممكنة نظراً إلى تجاور القارات وتماس بعض أجزائها في ذلك الوقت.

إن التنويع التشعبي ابتداء من البليوهيبوس قد يكون حدث بحسب السيناريو التالي:

هاجرت جماعات قليلة من بليوهيبوس إلى أميركا الجنوبية وأوروبا وآسيا وأفريقيا. وحدث تشعب في أميركا الجنوبية نشأت عنه عدة مجموعات صغيرة من الأحصنة الحديثة التي أخذت تجول في السهول المعشوشبة (Pampas) من مساحة تحتلها الآن الأرجنتين. ولم تتطور هذه المجموعات قط إلى أجناس مستقلة. وفي أوراسيا حدث إشعاع تشعبي عام، شكلت أحد فروعه مجموعة الحمير المستقلة، واتجه فرع آخر نحو أفريقيا واستقل عن أقاربه الأوراسيين، وألف في النهاية مجموعة أخرى هي حمار الوحش (Zebra).

كان هذا الإشعاع ابتداء من الميريكيبوس ولاحقاً من البليوهيبوس، أكثر الإشعاعات اتساعاً في تاريخ تطور فصيلة الخيليات.

وعلى الرغم من الاجتياح والإشعاع التكيفي الذي قام به البليوهيبوس عبر أوروبا في عصر البليوسين وأسلافه في الأعصر

الأقدم، فإن الحصان الحقيقي أو الحصان الحديث (Equus caballus) لم يتطور إلا في أميركا الشمالية باستثناء الفروع التي أعطت الحمار وحمار الوحش؛ وإن أغلب الخيول التي اجتاحت العالم القديم، لم تتطور إلى أنسال حديثة.

أما في أميركا الشمالية فإن الإشعاعات الحديثة والتجديدات في فصيلة الخيول فكانت تحدث باستمرار ابتداء من الإيوسين حتى البلستوسين. وإن التطورات الهامة للحافر أحادي الإصبع وتشكيل الأسنان بتيجانها العالية وحوافها البارزة والخطم المتطاول، كلها حدثت في أميركا الشمالية. وإن الهجرات في الأعصر المختلفة حملت معها هذه التجديدات إلى أوراسيا وأفريقيا حيث لم يحدث أي تجديد.

إن جماعة الخيول التي انتشرت سابقاً في أميركا الشمالية انطفأت منذ (10 – 20) ألف سنة في حين أن ممثلي الخيول الحقيقية غزت أوروبا أثناء البلستوسين العلوي وجالت عبر قارتي أوروبا وآسيا وحدث تدجينها في نهاية الأمر.

بعد ذلك أدخل الفاتحون الأسباب من جديد للحصان الحديث بشكله المدجن إلى أميركا الشمالية وأميركا الجنوبية في القرنين الخامس عشر والسادس عشر.

أما لماذا اختفى الحصان الحديث فجأة من أميركا الشمالية منذ حوالى (10) آلاف سنة فمسألة يكتنفها الجدل. هنالك فرضية ترى أن

الجماعات البشرية التي غزت أميركا الشمالية عبر مضيق بهرنغ في ذلك الوقت أمعنت في قتله وإبادته.

3- الخيليات وعملية التطور

يشرح تطور الحصان بوضوح المبادئ الشديدة الدقة التي لها أهميتها في ظاهرة التطور الكبري (Macroevolution) وأهم هذه المبادئ:

أولاً: التطور ليس عملية خطية، إذ إن المسلك من الأيوهيبوس إلى الاكيوس لم يكن خطاً مستقيماً كالسلم. فالتاريخ السلالي (phylogeny) للخيليات يتألف من سلسلة خطوط متفرعة تمثل أعصراً مختلفة من الإشعاع التكيفي. كانت هنالك عدة نقاط تفرع على طول الطريق، تشعب فيها أحد الأشكال في جملة من الاتجاهات، أغلبها آل إلى الانقراض كلياً. فحادثات النمو والتشكل التطوري تتضمن سلاسل متفاوتة المصادفة من المحاولات والخطأ؛ وإن عدداً قليلاً جداً من كل هذه المحاولات كتب له النجاح. يبدو إذن، أن عملية التطور لم تجرِ بحكمة وبصيرة، ليست غائبة قصدية، لها هدف في الذهن يقصد الاتجاه نحوه. فإذا عدنا إلى الماضي ونظرنا إلى أي تاريخ سلالي متوافر يمكننا تلمس المراحل التي مر بها هذا التاريخ. ولكن عندما ننظر إلى المستقبل لا يمكننا التنبؤ إلى أين تقودنا المرحلة التطورية المقبلة. وفي هذه الحقيقة يكمن السر والإثارة في الدراسات المتعلقة بالتطور.

ثانياً: يتبع التاريخ التطوري لكل نوع، مسلكاً من التكيف البيئي.

فالحصان الحديث الحالي نشأ ابتداء من جده الصغير الأيوهيبوس بفضل تغير الشروط البيئية (المناخية)، وهي اختفاء غابات الأوليغوسين الرطبة، فكان التكيف مع الشروط المتغيرة ضرورياً والبديل هو الانقراض، وعندما حدث تطور فصيلة الخيليات رجح الاصطفاء التغيرات الملائمة للشروط الجديدة للعيش في السهول. وإن التكيفات الأولى هي أكثر العوامل أساسية. الميريكيبوس وهو الشكل الأول الذي استطاع العيش كلياً خارج الغابة، أبدى التغيرات الأكثر جذرية التي ميزته من أجداده وهي رجحان كبير للإصبع الوسطى وأسنان ذات حواف بارزة وجمجمة متطاولة المقدمة بشكل مميز. أما التطورات اللاحقة فكانت امتداداً لهذه التجديدات الأولية الأساسية.

ثالثاً: يتقدم التطور بخطى متفاوتة من السرعة، أي النشاط ودرجة الحركية. فالأيوهيبوس مثلاً استمر على ما هو عليه فترة طويلة من الزمن (ربما حوالى 20 مليون سنة) مع تعديلات طفيفة في نمطه الظاهري الأساسي. وحالما انتقل الميوهيبوس والميريكيبوس إلى السهول، تسارع معدل التغيرات فخلال (9) أو (10) ملايين من السنين نشأت بعض الاتجاهات الهامة وهي ضمور سائر الأصابع عدا الوسطى وتشكل الأرحاء ذات الحواف والاستطالة المتميزة للخطم. وعلى العكس من ذلك كان التطور بطيئاً عند الانتقال من الميريكيبوس إلى الهيباريون المنقرض حالياً، إذ استغرق (25) مليون سنة، ورافقه تغير قليل نسبياً في البنية الفيزيائية.

يرى العالم الجيولوجي سمبسون (G. Simpson) أن التطور

يحدث على نحو متقطع غير منتظم، فهنالك أدوار من التغير السريع والدراماتيكي غالباً، تعقبها أدوار من التغير البطيء. أدوار من الثورة (Revolution) يليها أدوار من النشوء (Evolution).

تترافق أدوار الثورة غالباً مع تغيرات بيئية كبيرة كتغيرات المناخ أو هجرة المتعضيات إلى موطن طبيعي جديد أو الإثنين معاً. وتكون أدوار النشوء مصحوبة بعلاقات بيئية أكثر استقراراً، تتم فهيا تصفية التجديدات الحديثة وإتقانها. لكن من الواضح أن هاتين العمليتين المصحوبتين بنشاط وسرعة وتغير مختلف، متكاملتان، وكل منهما جزء لا يستغنى عنه كما هو معروف في عملية التطور.

رابعاً: تُبيّن لنا حالة الحصان بوضوح أهمية الهجرات الجغرافية في تحديد مجرى التاريخ التطوري. فالاستمرار في الهجرة والإشعاع من أميركا الشمالية إلى القارات الأخرى، أثّر عميقاً في معدل سرعة التطور واتجاهه، فلو لم تهاجر طلائع الحصان الحديث إيكيوس، إلى العالم القديم منذ (10) آلاف سنة أو أكثر، لتعرضت مجموعة الحصان إلى الانقراض. فمع أن الخيول ازدهرت مدة (60) مليون سنة في أميركا الشمالية، لكان مصيرها الانقراض في هذه القارة في الماضي القريب.

إن التوزع الجغرافي وانتشار الأنواع لا يقتصر على تكوين جملة من الخطوط التطورية ولكنه يوفر أيضاً عاملاً من الأمان والحماية من الانقراض. وإن الأنواع التي تعيش في مساحة جغرافية محددة واحدة تتمتع بحماية ضئيلة تجاه التبدلات البيئية المتعاقبة بسرعة فلا يتوافر لها الوقت للتكيف معها.

خامساً: يجري التطور وفق النمط الظاهري برمته وبالتالي، وفق النمط الوراثي الكامل. فتطور الحافر وبنية الأسنان والخطم في الحصان لم يحدث كل منها بصورة منفصلة مستقلة. وفي الوقت الذي يرجح الاصطفاء النمط الظاهري لإحدى المتعضيات على الأنماط الأخرى، فإنه في الحقيقة يؤثر في مجمل عمليات النمط الوراثي للفرد الذي أبدى هذا النمط الظاهري. وبالتالي، عندما يؤثر الاصطفاء في النمط الوراثي الكامل للفرد فإنه يؤثر في الأنماط الوراثية الكاملة للجماعة (حوض مورثاتها)؛ المورثات غير المنسجمة وغير المتناسقة تخضع للاصطفاء السلبي بالقدر نفسه الذي تواجهه المورثات غير المتلائمة مع البيئة. ففي تطور الحصان فضل الضغط الاصطفائي تلك التراكيب من الصفات التي تسمح أكثر لحاملها من التكيف مع تبدلات الموطن البيئي الطبيعي. فتطور الأسنان لا يمكن فصله عن تطور الرجل والعنق والفك.

تجدر الإشارة أخيراً، إلى أنه لو توافرت أفضل الأسنان الطاحنة، تبقى ذات قيمة تكيفية ضئيلة إذا لم يتأمن الحصول على الطعام بشكل كاف، أو إذا كانت المتعضية غير قادرة على تجنب مفترسيها.

رابعاً: النظرية المحايدة في التطور الجزيئي

(The neutral theory of molecular evolution)

ترى هذه النظرية بأن أغلب التغايرات على المستوى الجزيئي لا تؤثر في التلاؤم. فالمصير التطوري للتغاير الوراثي يمكن تفسيره

جيداً بعمليات عشوائية. وهذه النظرية تقدم إطاراً للاكتشاف المقبل ذا نطاقين من البحث هما:

1) التجمع الوراثي الانحرافي.

2) صدمة تأثير حجم السكان في الحيادية الفاعلة للمتغيرات الوراثية.

نعلم أن تطور المتعضيات الحية ينتج من عمليتين، فهو يتوقف على قابلية التغير المتولدة من الطفرات التي تحدث باستمرار داخل الجماعات، وعلى التغير في تواتر الأليلات (أشكال الجينات العائدة إلى صفة واحدة) داخل الجماعات عبر الزمن. وقد رأينا أن مصير هذه الطفرات المؤثرة في تلاؤم حاملها تتحدد جزئياً بالاصطفاء الطبيعي. وإن الأليلات الجديدة التي تؤمن تلاؤماً مفيداً تميل إلى الزيادة في التواتر بمرور الوقت، حتى تصل إلى الثبات والاستقرار. وهكذا تحل محل أليلات الأجداد في الجماعة.

تسمى هذه العملية التطورية الاصطفاء الإيجابي أو التوجيهي، أما الطفرات الجديدة التي تنقص من ملاءمة حاملها فتميل إلى الاختفاء من الجماعات خلال ما يسمى الاصطفاء السلبي أو المنقي وقد يحدث أحياناً أن تكون الطفرة مفيدة في النمط المتخالف اللواقح وليس في النمط المتماثل اللواقح. مثل هذه الأليلات تميل إلى الاحتفاظ بتواتر متوسط في الجماعات بطريقة تسمى الاصطفاء المتوازن.

لكن النظرية المحايدة ترى أن الاصطفاء الطبيعي ليس العامل الوحيد الذي يمكن أن يؤدي إلى تغير تواتر الأليلات. فعلى سبيل المثال:

لنفترض وجود جماعة نظرية لجميع أفرادها أو أنماطها الوراثية التلاؤم نفسه. فالاصطفاء الطبيعي يتوقف في هذه الحال لأن جميع الأنماط الوراثية لها الفرصة نفسها من الإسهام في الجيل الثاني، وماذا عن الطفرات التي لا تؤثر في تلاؤم الأفراد أي الطفرات المحايدة؟ إنها لا تتأثر بالاصطفاء الطبيعي فيتحدد مصيرها إذن، بالانحراف الوراثي. والجدير ذكره أن داروين نفسه عرف أن بعض الصفات يمكن أن تتطور دون أن تخضع للاصطفاء الطبيعي، وفيما يلي ما كتبه بهذا الخصوص:

«التغيرات غير المفيدة وغير الضارة لا تتأثر بالاصطفاء الطبيعي وتبقى إما كعنصر متذبذب كما في بعض الأنواع متعددة الأشكال، وإما تصبح في النهاية ثابتة مستقرة حسب طبيعة المتعضية وطبيعة الشروط». (داروين 1859).

إضافة إلى الاصطفاء الطبيعي والانحراف الوراثي ثمة عملية ثالثة يمكن أن تتسبب بتغير تواتر الأليلات في التكاثر الجنسي وهي عملية التحول المورثي الانحرافي (Biased gene conversion) المرتبط بحادثة العبور الصبغي (Crossing-over) أثناء الانقسام المنصف (Meiosis). فعندما يحدث العبور بين صبغيين متماثلين أو قرينين، فالصبغي الناتج من العبور يحتوي على DNA جزء منه أتى من صبغي وجزء من الصبغي القرين (كما رأينا في بحث التغايرات الوراثية - التركيب الوراثي الجديد).

يحدث الانحراف الوراثي في هذه العملية عندما يكون لأحد الأليلات احتمال أعلى من الأليل الآخر في التحول، ما يؤدي إلى

زيادة تواتر بعض الأليلات داخل الجماعات وهنالك أدلة على حدوث التحول المورثي المنحرف في عدة أنواع من حقيقيات النوى.

وإذا كان مصير الطفرات داخل الجماعات؛ مسوقاً بالاصطفاء الطبيعي وبعمليات تطورية لا تكيفية كالانحراف المورثي والتحول المورثي المنحرف، فإلى أي مدى تسهم كل من هذه العمليات في تطور الذخيرة الوراثية (الجينوم Genome)؟

حتى الستينيات من القرن العشرين كانت الفكرة السائدة أن الاصطفاء الطبيعي يقوم بدور راجح مسيطر. وتبعاً لذلك، كان يظن أن الفروق بين الأنواع تعود بصورة رئيسة إلى الطفرات التي استقرت بالاصطفاء الطبيعي الإيجابي. أي الطفرات التي أسهمت في تكيف الأنواع مع بيئاتها. وفي المقابل، فإن تعدد الأشكال الموجود داخل الجماعات كان يظن بأنه يعكس الاصطفاء المتوازن. وبناء على هذه النظرية الاصطفائية فإن العمليات اللاتكيفية كانت في أفضل حالاتها مسهماً ضئيل الأهمية في التطور. غير أن تحليل البيانات المتتالية التي أصبحت متوافرة في نهاية الستينيات من القرن الماضي، تحدّت هذه النظرية بصورة معتبرة. ففي عام 1968 قادت هذه البيانات التجريبية والتطورات النظرية الجديدة العالم الياباني موتوكيمورا إلى اقتراح فرضية تعرف الآن باسم النظرية المحايدة في التطور الجزيئي، واختصر كيمورا فيما بعد نظريته على الشكل التالي:

«... إن الأغلبية المهيمنة من التغيرات التطورية على المستوى الجزيئي غير ناتجة من الاصطفاء الذي يطرأ على الطفرات المفيدة،

وإنما بتثبيت عشوائي للطفرات المحايدة أو القريبة من المحايدة اصطفائياً، خلال التأثير المتراكم للانحراف في العينات المأخوذة وفق مساهمة مستمرة للطفرات الجديدة، (كيمورا 1991).

يجب التأكيد هنا، أن النظرية المحايدة في التطور الجزيئي ليست نظرية مضادة للداروينية كما ظن البعض، فكلا النظريتين: الاصطفائية والمحايدة تقران بأن الاصطفاء الطبيعي هو المسؤول عن تكيف المتعضيات مع بيئاتها. وكلاهما تعترفان بأن أغلب الطفرات الجديدة في المناطق الهامة وظيفياً هي طفرات ضارة، وأن الاصطفاء السلبي أو المنقي يزيلها بسرعة من الجماعات فلا تسهم - أو تسهم قليلاً - في التشعب المتعاقب بين الأنواع وفي التعدد الشكلي داخل النوع الواحد.

إن النزاع بين الاصطفائيين والمحايدين يتعلق فقط بالمقدار النسبي لإسهام الطفرات المحايدة والمفيدة في التشعب المتعاقب والتعدد الشكلي.

إن حجم الاستبدال المحايد يختلف كثيراً بين الأصناف TAXA. وعلى كل حال، من الواضح الآن أنه لا يمكن إهمال العمليات اللاتكيفية حتى في الأصناف التي يكون الاصطفاء لديها شديد الفعالية. وإن نسبة كبيرة من الاستبدالات هي في الواقع استبدالات محايدة.

خامساً: نظرية العطالة في التطور - بقاء الأكثر عطالة

(The Idle theory of evolution)

بنيت نظرية العطالة في التطور، كالنظرية الداروينية، على آراء

مالتوس. وهي ترى أن نمو السكان ونقص موارد الطعام يضطر المخلوقات إلى العمل بقساوة من أجل البقاء، وليس أن تتورط في الأسنان والمخالب الداروينية من أجل البقاء.

تستخدم هذه النظرية نموذجاً فيزيائياً للحياة يركز على الطاقة التي تستهلكها الأحياء كي تعيش وتنمو وتتكاثر. وهي مبنية على مفاهيم فيزيائية للطاقة والعمل والقوة، أكثر مما هي أفكار اقتصادية من التنافس والحرب أو علم الوراثة التكاثري.

يسلم النموذج العطالي للحياة، بأن المخلوقات مجبرة على صرف الطاقة باستمرار لصونها وترميمها. وعليها أن تعمل بشكل متقطع لجني وادخار الطاقة اللازمة لتفعيل هذا العمل الصياني. إنها تخضع للتعاقب بين حالتين: حالة الانشغال حيث تعمل لاكتساب الطاقة وحالة العطالة (الراحة) التي تتوقف فيها عن العمل، وإن عطالة المخلوقات هي ذلك الجزء من وقتهم حيث يكونون غير ناشطين. وهذه العطالة تراوح بين الصفر، حيث العمل مستمر لاكتساب الطاقة، والخمول التام تقريباً، حيث لا عمل لاكتساب الطاقة.

عند توافر الشروط الجيدة الحافلة بموارد الطاقة في البيئة لا تحتاج المخلوقات إلا إلى عمل قليل لتوفير الطاقة اللازمة، وبالتالي يكونون خاملين جداً. وفي الشروط القاسية يجب العمل مدة أطول لتوفير الطاقة اللازمة ويكونون منشغلين جداً، وقمة الانشغال تتحقق عند العمل المستمر. وإذا كان العمل مستمراً فلا قدرة على اكتساب الطاقة الكافية للصيانة الذاتية والنتيجة هي الموت.

عتبة الموت إذن، هي صفر الخمول أو العمل الدائم. في نظرية العطالة يعمل الاصطفاء الطبيعي على انقراض الأقل خمولاً وعطالة وبقاء الأكثر خمولاً وعطالة.

تسقط نظرية العطالة فكرة أي صراع دارويني في الطبيعة لأنها ترى أن موارد الطعام منتشرة إلى حد ما، وبالتالي يكون التنافس ضئيلاً من أجلها. ولأن أي صراع مباشر من أجل موارد الطعام يستلزم صرف مزيد من الطاقة، فالتنافس تعبير نادر الاستعمال في نظرية العطالة.

كما أن هذه النظرية تتخلى عن الفكرة بأن التكاثر السريع يؤمن البقاء لأنه يتطلب صرف مزيد من الطاقة فينقص العطالة ويزيد فرص الانقراض.

من أهم مزايا نظرية العطالة، السهولة التي يمكن بها تفسير اللعب والغيرية. فمن المفروض أن المخلوقات لا تفعل شيئاً أثناء عطالتها. ولكنها غير مقيدة بتجنب النشاطات، فطالما هي تستخدم قسماً من وقت راحتها لاكتساب مزيد من الطاقة، يمكن أن تفعل ما ترغب فيه فتنام مثلاً، أو تشترك في اللعب أو تمارس نشاطات غيرية لمساعدة الأفراد الأقل عطالة، حيث ينقص مجال ممارستهم للعب والنشاطات الغيرية. وفي هذا المعنى تمثل العطالة درجة من الحرية ومن تأسيس الأخلاقيات (Ethic).

تجعل هذه النظرية من الخمول، إعمل قليلاً بقدر المستطاع، الحتمية الأولى للحياة. أي مخلوق يخطط لفعل الأشياء بطريقة أصعب مصيره الموت. فالضواري التي تحاول الإمساك بالفرائس السريعة

الجري أكثر من البطيئة، تتعرض للانقراض. لا تطمح الحياة لأن تكون مشغولة. بل لأن تكون عاطلة خاملة. إنها لا تريد فعل الحد الأقصى بل الأدنى. وفي هذا الاعتبار، ليست الحياة استثناء عن مبادئ «العمل الأقل» الذي يهيمن على العديد من العمليات الفيزيائية.

تحاول نظرية العطالة - بصورة عامة - تفسير سائر عمليات النمو والتشكل التطورية لوسيلة لزيادة العطالة، فهي تعزو تطور كثيرات الخلايا من وحيدات الخلية إلى أن الأنظمة الخلوية المتنوعة في كثيرات الخلايا أكثر عطالة مما هي عليه في الخلايا المفردة، وبالتالي أكثر احتمالاً للبقاء. وهي تفسر التنظيم الاجتماعي بالطريقة نفسها.

ينظر إلى الأنواع في هذه النظرية كجزر أو قمم من العطالة في صفحة الأرض التكيفية. وإن تفسير فشل العديد من الأنواع في التطور يعود إلى أنها بلغت قمة من العطالة، وإن أي متغير بعد ذلك لن يكون إلا أقل عطالة وأقل حظاً في البقاء.

ويمكن تفسير التطور الخطي أو الموجه بالأسلوب نفسه. فالتزايد في الحجم على سبيل المثال، يستلزم الزيادة في العطالة عادة، والاصطفاء الطبيعي يرجح التزايد في الحجم أو أي نمو وتشكل آخر طالما أنه يعمل على تزايد العطالة.

القسم الرابع

نشوء الحياة

الفصل الأول: نشوء الحياة وتاريخ تطورها

تمهيد

شغلت مشكلة أصل الحياة حيزاً واسعاً من ذهن الإنسان وتفكيره، وقد عالج هذا الموضوع في عديد من المظاهر الثقافية لحضارته، كالدين وعلم الأساطير وعلم الفلسفة. وسنحاول إلقاء الضوء مفصلاً على بعض الآراء الحديثة المقترحة في هذا المجال.

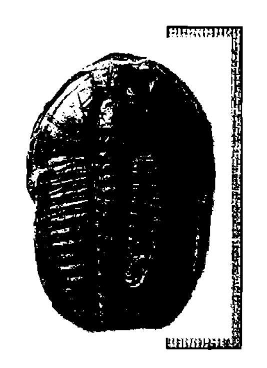
يقبل البيولوجيون عموماً الفرضية بأن الحياة نشأت من المادة غير الحية بعملية التطور الكيميائي ولكن كيفية حدوث ذلك على وجه التحديد غير مؤكدة وربما كانت تتضمن عدة مراحل، والنماذج الافتراضية الحديثة تقترح بأن الجزيئات العضوية الصغيرة تشكلت أولاً بصورة عفوية ثم تجمعت وتضخمت عبر الزمن، وكانت قادرة على التجمع أكثر من التفكك، لأن الشروط الخارجية كانت مختلفة عما هي حالياً، فالعاملان الرئيسان في تفكك الجزيئات العضوية وهما الأوكسجين الحر والمتعضيات الحية كانا غير موجودين في الأرض القديمة.

قد تكون الجزيئات العضوية الضخمة كالبروتينات والحموض النووية تشكلت من تجمع الجزيئات الأصغرية ثم اتحدت الناتجة منها لتؤلف بنيات أكثر تعقيداً حتى أصبحت في نهاية الأمر قادرة على القيام بعمليات الاستقلاب (الأيض) والتضاعف الذاتي، وفضّل الاصطفاء الطبيعي التجمعات الجزيئية الضخمة المشابهة للبنيات الخلوية، وأصبحت ذراريها نهاية الأمر الخلايا الحقيقية الأولى وهذه تشعبت خلال ملايين السنين إلى التشكيلة البيولوجية الغنية التي تميز وتخصص كوكبنا الحالي، وأن التركيب (التمثيل) الضوئي (photosynthesis) والتنفس الهوائي والبنية الخلوية لحقيقيات النوى (Eukaryotes) تمثل جملة من التطورات المتقدمة التي تشكلت أثناء تاريخ الحياة التطوري.

إن الأدلة الجيولوجية والسجل الأحفوري على الخصوص، يزوداننا بكثير مما يعرف عن تاريخ الحياة، كأي الأنواع من الأحياء وجدت وأين ومتى عاشت. بعضها ظهر في السجل الأحفوري ثم اختفى تاركاً مكان الأنواع للأخرى.

سيطرت طلائعيات النوى الخلوية أولاً، (وهي أحياء عديمة الغشاء النووي وخالية من بعض العضيات كالجسيمات الكوندرية والصانعات الخضراء). تلتها حقيقيات النوى أحادية الخلية. أما حقيقيات النوى متعددة الخلايا فقد ظهرت في المحيطات منذ (630) مليون سنة تقريباً، ثم ظهرت الحيوانات القوقعية والعديد من اللافقاريات البحرية كثلاثيات الفصوص، (شكل 61)، التي كانت

أعضاء من مجموعة كبيرة لمفصليات أرجل مائية عاشت في الحقب الأول الجيولوجي (الحقب القديم)، تلا ذلك الفقاريات الابتدائية حيث ظهرت الأسماك الأولية ذات الفكوك وتشعبت، وبعضها كان أصلاً للبرمائيات التي انتشرت وتشعبت أيضاً. ومنذ حوالى (300) مليون سنة انبثقت الزواحف من البرمائيات التي تشعبت وسكنت الأرض اليابسة، والزواحف بدورها أعطت الطيور واللبونيات (الثدييات) بصورة مستقلة، كما أن النباتات سلكت تاريخاً تطورياً مشابهاً.



(الشكل61)
ثلاثية الفصوص

شروط الأرض الابتدائية

يعتقد العديد من البيولوجيين أن الحياة نشأت مرة واحدة وبدأت في ظروف بيئية مختلفة تماماً عما هي عليه حالياً، فعلينا البحث عن ظروف الأرض الباكرة لفهم أصل الحياة، وعلى الرغم من أننا لن نكون أبداً متيقنين بالضبط من الشروط التي سادت الأرض عند نشوء الحياة، فإن الأدلة العلمية لعدد من المصادر، تزودنا بمفاتيح قيمة تساعد على صوغ سيناريوات منطقية ومقبولة.

قدّر علماء الفيزياء الفلكية والجيولوجيون عمر الأرض بـ (4.6) بلايين سنة. وتضمن جو الأرض الابتدائي ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) وبخار الماء (H_2O) وأحادي اكسيد الكربون (CO)

والهيدروجين (H_2) والنتروجين (N_2) وربما بعضاً من غاز النشادر (أمونيا) (NH_3) وثنائي هيدروجين الكبريت (H_2S) والميتان (CH_4). وكان ذلك الجو على الغالب خالياً من الأوكسجين الحر (O_2). أو يحتوي على القليل منه.

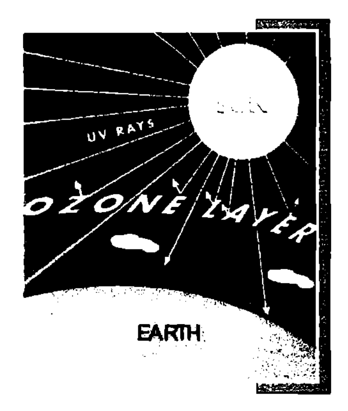
يتطلب التطور الكيميائي توافر أربعة عناصر أساسية.

1 - عدم وجود الأوكسجين الحر أو وجود القليل منه.

لا يمكن للحياة أن تنشأ إلا بغياب الأوكسجين الحر (O_2) فهو نشيط جداً وقادر على أكسدة الجزيئات العضوية الحجارة البنائية الضرورية لأصل الحياة، وجو الأرض الباكر كان على الغالب مرجعاً (اختزالياً) قوياً بحيث أن أي أوكسجين حر يتحد مع عناصر أخرى لتشكيل الأكاسيد؛ وهكذا يصبح وجود الأوكسجين متوافراً فقط في المركبات وليس بالشكل الحر.

2 - مصدر للطاقة

يتطلب نشوء الحياة توافر الطاقة أيضاً، لتكوين الجزيئات البيولوجية البنائية ابتداء من المواد الكيميائية اللاعضوية البسيطة. وكانت الأرض الباكرة مسرحاً لطاقة عالية من العواصف البرقية العنيفة ومن نشاطات بركانية واسعة الانتشار ومن تصادم النيازك والأجسام اللاأرضية ومن الإشعاعات القوية كالإشعاع فوق البنفسجي الصادر عن الشمس، وربما كانت الشمس الفتية تنتج إشعاعات فوق بنفسجية أكثر مما تقوم به الآن، ولم يكن للأرض القديمة طبقة واقية من الأوزون لتمتص الأشعة فوق البنفسجية هذه. (الشكل 62).



(الشكل62)
طبقة الأوزون
والأشعة فوق البنفسجية

3 - مواد كيميائية كحجارة بنائية للمواد العضوية

الشرط الثالث هو توافر الحجارة البنائية البيولوجية وهي تتضمن الماء والمواد الكيمياوية اللاعضوية الذوابة الموجودة كشوارد (أيـونـات) والغازات الموجودة في الجو الابتدائي.

4 - الزمن الكافي

العنصر الأخير هو الزمن الكافي لتجمع الجزيئات وتفاعلها بعضها مع بعض، ويقدر عمر الأرض كما ذكرنا بـ(4.6) بلايين سنة وإن الآثار الباكرة للحياة تعود إلى (3.8) بلايين سنة، أي إن الحياة بدأت بعد تشكل الأرض بمرور (800) مليون عام.

1 - الجزيئات العضوية تشكلت على الأرض الابتدائية

بما أن الجزيئات العضوية هي المواد البنائية للمتعضيات، فمن المنطقي أولاً، أن نشرح كيف يمكن تشكلها، وأول من قدم مفهوماً لتشكل الجزيئات العضوية البسيطة كالسكريات والحموض الأمينية والنيوكليوتيدات ابتداء من مواد خام بسيطة، بصورة عفوية تلقائية،

هو العالم الروسي البيوكيمياوي أوبارين عام (1924) وعالم الوراثة الأسكتلندي هالدين عام (1929) بصورة مستقلة.

في رأيهما أن جو الأرض القديم كان يحوي قليلاً من الأوكسجين وكثيراً من الهيدروجين، أي إنه كان جواً مرجعاً (اختزالياً)، وأن الضوء والحرارة الصادران عن القشرة الأرضية والأشعة فوق البنفسجية والنشاط الإشعاعي الطبيعي والنشاط البركاني كل ذلك أمن الطاقة اللازمة لتشكيل المركبات العضوية البسيطة، وهي الحجارة البنائية للمركبات العضوية المعقدة التي تجمعت في المحيطات واتحدت على شكل قطيرات أحيطت بعد ذلك بطبقة بسيطة من المواد الكربوهيدراتية (الأغشية)، وعندما وصلت هذه القطيرات إلى درجة من الضخامة أصبحت سريعة العطب من الناحية الفيزيائية، فتجزأت إلى وحدات اختص بعضها بدور الوساطة وبعضها الآخر بدور التضاعف الذاتي وبقيادة التفاعلات الكيمياوية اليومية وتوجيهها، كما هي عملية التكاثر لدى الخلايا البسيطة، وبذلك بدأت الحياة المعروفة بالانبثاق.

ولكن، ما هي الأدلة والبراهين التجريبية الداعمة لهذا المخطط التخيلي؟ العلم لا يقبل الفرضيات لمجرد أنها ممكنة الحدوث، بل التي تحدث فعلاً، فهل ثمة من تجارب مؤيدة؟

أمكن تحقيق معظم الخطوات السابقة مخبرياً وفي شروط مماثلة لشروط الأرض القديمة المفترضة آنفاً.

ذكرنا أن جو الأرض عند نشوئها كان يتضمن الهيدروجين وبخار

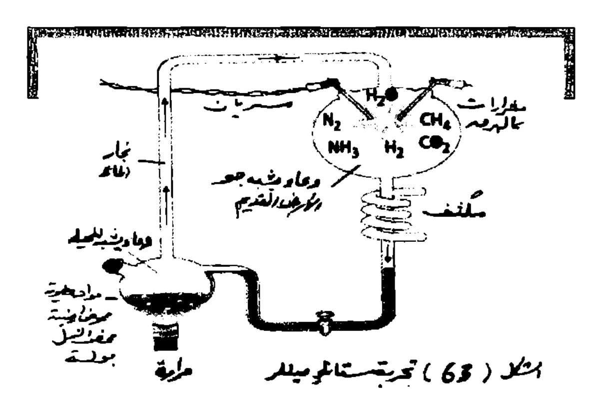
الماء وغاز الميتان وغاز النشادر وغاز كبريت الهيدروجين كما أن الكون كان مؤلفاً بمعظمه من الهيدروجين (92.8%)، وبما أن الأرض تشكلت من الغازات الملتفة كالدوامة فإن العناصر الثقيلة تجمعت في مركزها تاركة العناصر الأخف كالهيدروجين والأوكسجين والنتروجين في المحيط كغلاف لها، وبما أن الهيدروجين شديد الفعالية في شروط خاصة كالحرارة العالية والشرارات الكهربائية، فإنه يتحد فوراً مع بعض العناصر كالأوكسجين ليؤلف الماء، ومع الكربون ليؤلف الميتان، ومع النتروجين ليؤلف غاز النشادر (أمونيا). أما الجو الباكر للأرض الذي كان يحتوي على نسبة ضئيلة من الأوكسجين فقد اتحد معظمه مع بعض العناصر لتشكيل السيليكات المعدنية كالأوليفين الذي تجمع في القشرة الأرضية.

كان للأرض إذن، رداء حار ومحيطات واسعة وبراكين نشيطة وجو مؤلف من بخار الماء والهيدروجين والميتان وغاز النشادر، وربما آثار من غاز كبريت الهيدروجين (H2S) ونحن الآن أمام مشهد يمكن تقسيمه إلى ستة أطوار تؤلف مراحل نشوء الحياة بصورة عامة.

2 – أطوار نشوء الحياة

الطور الأول – تشكل الحجارة البنائية

في العام 1952 شرع كل من هارولد يواري وستانلي ميللر بإجراء سلسلة من الأبحاث المخبرية في جامعة شيكاغو. صمم ميللر وهو طالب خريج في ذلك الوقت جهازاً (شكل 63).



(الشكل63) تجربة ستانلي ميللر

يتضمن دورقاً يحتوي على الماء الذي يغلي على الدوام وأدخل فيه غاز النشادر وغاز الميتان وغاز الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون والنتروجين.

إن غليان الماء من جهة، والتكاثف من جهة أخرى، يعملان على دوران المواد في الجهاز كما يوجد مسريان كهربائيان يؤمنان شرارات كهربائية دورية ضمن بحيرة في أعلى الجهاز.

جمع ميللر المحتوى وحلله كيمياوياً بعد أسبوع، فوجد فيه بضعة حموض أمينية وبعض المواد الكربوهيدراتية وتشكيلة من المركبات العضوية الأخرى. وعلى الرغم من أن المعلومات الأكثر حداثة ترى بأن الجو الباكر للأرض لم يكن غنياً بالميتان أو غاز النشادر فإن تجارب مشابهة استخدمت فيها غازات مختلفة، قادت إلى إنتاج تشكيلة واسعة من الجزيئات العضوية الهامة في المتعضيات المعاصرة، وتتضمن الحموض الأمينية العشرين الضرورية لتشكيل

جميع البروتينات في الأحياء المعروفة على الأرض، وجملة من السكريات والشحوم والنيوكليوتيدات التي هي الحجارة البنائية في الحموض النووية (DNA وRNA) والـ ATP. وهكذا نجد أنه قبل نشوء الحياة، تجمعت حجارتها البنائية كخطوة ضرورية في التطور الكيمياوي.

إن تجارب ميللر وما تبعها من تجارب حديثة تدعم الفرضية التي تعتبر أن الحجارة البنائية للحياة يمكن أن تتشكل في جو الأرض القديم بصورة عفوية ذاتية. ومع أن تجربة ميللر أدت إلى تشكل العديد من الحموض الأمينية التي تدخل في تركيب بروتينات الأحياء الحالية، لكنها أعطت أيضاً، مركبات عضوية لا توجد ضمن المتعضيات الحية. ففي إحدى تجاربه وجد ثلاثة متماكبات (Isomers) للحمض الأميني المسمى «الانين» (COOH – (NH2) CH – CH3)، وإن واحداً منها فقط يدخل في المادة الحية. وفي تجربة أخرى نتجت سبعة متماكبات لحمض أميني واحد صيغته المجملة (C4 H9 NO2)، وكلها لا توجد ضمن المتعضيات الحية. يبدو من ذلك أن الأنواع المتشكلة أكثر بكثير مما استخدمته الأحياء خلال نشوئها وتطورها وهذا يبرز أمامنا بعض التساؤلات:

1 – لماذا بُنيت البروتينات من عشرين نوعاً من الحموض الأمينية مع أن ما صنع منها يفوق هذا العدد بكثير؟

2 – كان لكل نوع من الحموض الأمينية الناتج من التجربة متماكبان ضوئيان أحدهما يحرف الضوء إلى اليمين (D - Isomer)

والآخر يحرفه إلى اليسار (L - Isomer) لكن جميع الأحياء الحالية تستخدم الشكل اليساري فما سبب هذا التصرف؟

3 - إن للإشعاعات العالية الطاقة أثراً في الابتناء مثلما لها أثر في الهدم، فكيف يمكن للجزيئات البسيطة أن تتجمع وتتضخم بفضل هذه الطاقة إذا كان نصيبها الابتنائي يعادل نصيبها الهدمي؟ تأتي الإجابة عن ذلك في الطور التالي.

الطور الثاني - تشكل المتماثرات (البوليميرات)

حالما تشكلت الحموض الأمينية والكربوهيدريات البسيطة والحموض الدسمة، أخذت في الاتحاد بعضها مع بعض لتؤلف الجزيئات الكبرية (Macromolecules)، فالحموض الأمينية اتحدت فيما بينها لتؤلف عديدات الببتيد، واتحد الغلوكوز مع سكريات بسيطة أخرى ونتج النشاء والسكريات الضخمة الأخرى. فما هي الشروط التي توافرت لذلك؟ وهل كانت الجزيئات المتشكلة آنئذ مشابهة للبروتينات والدسم الموجودة حالياً؟

قادت هذه التساؤلات العالم الباحث سدني فوكس في جامعة فلوريدا إلى إجراء سلسلة من التجارب أعلن نتيجتها الافتراض بأن الرداء الدافئ للأرض القديمة هو الذي أمن الطاقة الضرورية لربط الجزيئات الصغيرة فيما بينها وهي أدنى من الطاقة المسببة لتفككها. وعندما سخن فوكس مزيجاً من الحموض الأمينية المختلفة، لفترات متفاوتة حصل على ثنائيات الببتيد وسلاسل طويلة من عديدات

الببتيد، وهذا يؤيد افتراضه المشار إليه. وقد حدثت عمليات البلمرة هذه التي تتصف بطرح الماء (التكاثف) دون الوساطة الأنزيمية، فقد يكون لبعض الجزيئات أو الأيونات (الشوارد) القدرة على الارتباط مع بعض المواد المتفاعلة مسهلة بذلك الاتحاد فيما بينها وبين أجسام أخرى. وهنا يبرز سؤالان:

1 - ما هو وجه الشبه بين البروتينات الناتجة من تأمين الطاقة الحرارية وبين البروتينات الحالية؟

عندما اختبر فوكس البروتينات الناتجة بوساطة الحرارة وجد أنها ذات تفاعلات بروتينية إيجابية، بمعنى أنها تتحطم وتتفكك بوساطة الأنزيمات المفككة مثل الببسين، وهي تصلح غذاء للبكتيريات، فللبروتينات القديمة إذن، خصائص مشابهة لبعض البروتينات الحالية.

2 - كيف يمكن للبلمرة أن تتم، وهي تفاعل طارح للماء، في الظروف القديمة إذا كان التفاعل المعاكس، وهو الحلمهة التي تتطلب وجود الماء، مرجح الحدوث في مياه المحيطات؟

هنالك على الأقل ثلاثة تعليلات:

أ - يفترض أن الحجارة البنائية الأساسية (الحموض الأمينية وسكر العنب والبيورين والبريميدين...) ترتبط بوظائف كيمياوية مشحونة سلبياً مثل الفوسفات تحول دون عملية الحلمهة، إذ إن جميع المكونات الأساسية المستخدمة في عمليات الاصطناع الحيوي حالياً تتنشط بوساطة زمر فوسفاتية غنية بالطاقة تنتقل إليها عند بدء التفاعلات، فهل اعتمدت الأحياء هذه الآلية كمبدأ عام منذ فجر الحياة؟

ب - قد تكون تفاعلات البلمرة حدثت في أحواض صغيرة عرضة للتبخر قرب الشواطئ أو في الرمال الرطبة لبعض الخلجان القديمة، حيث ارتفع فيها التركيز لدرجة حالت دون حلمهة النواتج المتشكلة.

ج - ربما حدثت التفاعلات على سطح الغضار والمناطق السيليسية الضحلة الفقيرة بالماء والواسعة السطوح، حيث تسود شروط التبخر.

ومع أن الطاقة الحرارية قد تكون المسؤولة بشكل رئيسي عن تشكيل الجزيئات الكبرية الأولى في الحساء العضوي، فهنالك أشكال أخرى من الطاقة لها دور في عمليات البلمرة، إذ أظهرت أبحاث الدكتور سيريل بونا بيروما عام 1974 في جامعة ميريلاند، أن الطاقة الصوتية الناتجة من الاندفاعات البركانية ومن تشكل وتداخل الفقاعات بعضها مع بعض في الطين والإشعاعات الغنية بالطاقة كالأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية، تسمح جميعها بتكوين بوليميرات معقدة.

الطور الثالث - الكواسيرفات والخلايا السابقة للحياة

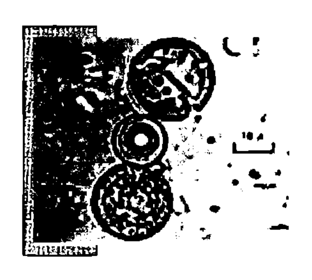
بعد أن تشكلت الجزيئات العضوية العملاقة، تعرضت لمصيرين محتملين: إما التفكك بمنابع الطاقة وإما الاتحاد مع جزيئات عضوية أخرى. ومع أن التفكك حدث محتمل، فإن التجمعات الجزيئية هي المرجّح، ربما بفضل قطبية الجزيئات الكبرية (ذات أقطاب موجبة

وأقطاب سالبة). وقد مهدت هذه التجمعات لمرحلة نشوء المتعضيات الحية، فكيف حدث ذلك؟

اقترح العالم أوبارين عام 1936 ما أسماه نظرية التكديس أو التكويم (Coacervate Theory)، إذ افترض بأن بعض المواد الشبيهة بالبروتين، اتحدت فيما بينها وكونت تجمعات كان لها القدرة على تشكيل أغشية بسيطة حولها بحادثة التوتر السطحي (Surface tension)، وبين أوبارين أن مزيجاً من الهلام (جيلاتين) والصمغ العربي يشكل كريات صغيرة من التكويمات (كواسيرفات). وتحيط بكل كرية طبقة سطحية تفصلها عن السائل الخارجي المعلقة فيه.

أجرى أوبارين عدة تجارب على التكويمات التي صنعها، وفي إحداها أضاف الأنزيم الحالي المسمى فوسفوريلاز (أنزيم يتوسط في تكاثف سكر العنب إلى نشاء)، فانتشر هذا الأنزيم عبر السطح الخارجي للتكويمات وإلى داخلها، ثم أضاف الغلوكوز أحادي الفوسفات فانتشر إلى الداخل أيضاً، وتبلمر على الفور إلى جزيئات من النشاء بوساطة الفوسفوريلاز. وبذلك يكون أوبارين قد بنى مصنعاً صغيراً للنشاء ضمن كل قطيرة من التكويمات. بعد ذلك أضاف أنزيم الأميلاز الذي يحلمه النشاء فوجد أنه ينتشر إلى داخل القطيرات ويهضم النشاء، فلا شك أن هذه القطيرات تسلك مسلك وحدات استقلابية مبسطة. ولاحظ أوبارين أنه يمكن لجزيئات أخرى أن تنتشر بما في ذلك مادة الكلوروفيل. وعندما تتوافر الأصبغة المرجعة والمؤكسدة فإن الكواسيرفات تسلك سلوك جملة نقل إلكترونية ابتدائية.

أما فوكس فقد توغّل في شوط أبعد معتمداً على كواسيرفات أوبارين فأوضح أن البروتينات الناتجة من الطاقة الحرارية يمكن أن تؤلف كريات لها حجم الخلايا البكتيرية



(الشكل64) كريات فوكس

نفسها، (شكل 64)، وأن لهذه الكريات مثل كواسيرفات أوبارين، طبقة سطحية تفصلها عن الوسط الخارجي، وأن إضافة ملح كملح الطعام إلى الوسط يؤدي إلى انكماش الكريات نتيجة خروج الماء منها كما هي الحال لدى الخلايا الحية.

فهذه الكريات إذن، تبدي خصائص حلولية (أوسموزية). وفضلاً عن ذلك يمكن للكرية أن تتحد مع أخرى أو تتحطم إلى اثنتين عند بلوغها حجماً معيناً.

تدعو هذه التجارب والمشاهدات إلى الاعتقاد بأن شيئاً مشابهاً لكواسيرفات أوبارين وكريات فوكس قد تشكل في البدء وكان المادة الطليعية للمتعضيات الحية الأولية (Protobionts).

إن تشكل الطبقة السطحية التي أعقبها تشكل الغشاء الحقيقي كان حدثاً شديد الأهمية في ذاته إذ إن دور الغشاء لا يقتصر على توفير الحماية للجزيئات، وإنما المحافظة على جعل هذه الجزيئات متماسة بعضها مع بعض أيضاً، وهذا يزيد من احتمالات التفاعلات الكيمياوية فيما بينها، فتصبح الجزيئات المعقدة تراكيب كيمياوية أكثر فعالية ونشاطاً. وقد يكون إحدى نتائج ذلك امتلاك هذه التراكيب،

كالبروتينات الناتجة من الحموض الأمينية، القدرة على استخدام الطاقة الكامنة التي تتحرر عند تحطم بعض الجزيئات الأخرى.

هكذا نجد في هذا الطور أن الجزيئات الضخمة كالبروتينات والسكريات أصبحت منظمة على شكل أجسام مستقلة وذات شكل محدد، فتشبه بهذه الخصائص الأجسام الحية.

الطور الرابع

على الرغم من أن التجمعات المذكورة آنفاً بلغت شوطاً متقدماً في التعقيد والتطور، فلا يزال ينقصها التعضي والتنظيم الداخلي والقدرة على التكاثر بمعناه الحقيقي. ومع أنه يمكن للقطيرة أو الكرية أن تنشطر إلى اثنتين، لكن الخصائص التي ستتمتع بها كل من القطيرتين تبقى مجهولة. إن أهم خرق في معركة نشوء الحياة وأهم المراحل الحاسمة والفاصلة، تلك التي حدث فيها تشكل الحموض النووية داخل التجمعات العضوية، فهذه الحموض أمنت ديمومة التكاثر وأشرفت على إدارة النشاطات المباشرة للكواسيرفات المعقدة. كما أن الجمل المقتنصة للطاقة أصبحت أكثر كفاءة وكونت جزءاً متوارثاً ضمن التجمعات الجزيئية التي أصبحت في نهاية الطور الرابع متعضيات حية حقيقية.

الطور الخامس

يتميز هذا الطور ببداية حدوث العملية التطورية. فحالما ترسخت

استمرارية الأحياء بفضل التحكم الذاتي المتوارث، بدأ الاصطفاء الطبيعي يفعل فعله. ولقد كان من إحدى النتائج الأولى للتطور زيادة الفعالية في اقتناص الطاقة المتحررة من تحطم المواد الكربوهيدراتية، والمتعضيات التي كانت أكثر كفاءة في الاقتناص، تكاثرت بصورة أسرع معلنة نوعاً بسيطاً من الاصطفاء الطبيعي. ومن المحتمل أن تكون عمليات النقل الإلكتروني وادخار الطاقة في الروابط الفوسفاتية قد حدثت لأول مرة في ذلك الوقت. وكلما زادت كفاءة بعض المتعضيات في استخدام منابع الطاقة المحيطية، ارتفع معدل تكاثرها. وهكذا أخذ عدد المتعضيات في التزايد والتنافس في التوسع. وتجدر الإشارة هنا إلى قلة التجارب الحالية التي تبين كيف أمكن للحموض النووية التحكم في العمليات البيوكيمياوية مثل صنع البروتين في الخلايا الأولى. ويضع البيولوجيون هذه المسألة في طليعة أهدافهم، وهم عاكفون على البحث والتجريب ويتوقعون الإنجاز القريب.

الطور السادس

بقيت المتعضيات تعيش على حساب الكربوهيدريات والمصادر الأخرى للطاقة الموجودة مسبقاً في البيئة حتى نهاية الطور الخامس وتسمى هذه الأحياء «الأحياء لا ذاتية التغذية» (Heterotrophs)، مثل جميع الحيوانات الحالية. أخذت مقادير المؤونة من السكريات في التناقص بمرور الزمن وأصبح التنافس أكثر وضوحاً، وفي مثل هذه الظروف، فإن أي تغير في إحدى المتعضيات يؤمن مقدرتها الذاتية

على صنع السكريات يؤدي إلى سيادتها وسيطرتها، وإنه لمن المحتمل أن يكون أحد التغيرات قد سمح باستخدام الطاقة الضوئية من أجل إنتاج السكريات، وهكذا نشأ نوع جديد من الاستقلاب (الأيض) هو عملية التركيب الضوئي.

كان ظهور الأحياء ذاتية التغذية (Autotrophs) علامة بارزة في سجل التجديد الذي كان يحدث في فجر قصة الحياة. وقد تكون الأحياء الأولى ذاتية التغذية، مشابهة لبعض أنواع البكتيريات الحالية التي تستخدم الطاقة الضوئية أو الحرارية لإنتاج المواد الكربوهيدراتية وإن ظهور الأحياء ذاتية التغذية أمن نوعاً من التوازن الذي اختصت به التجمعات الحية منذ ذلك الحين. وعندما بدأت الأحياء ذاتية التغذية بالتطور أخذت قصة الحياة على الأرض شكلها الدراماتيكي، فالتركيب الضوئي يؤدي إلى إنتاج الأوكسجين وهذا يؤمن بدوره التنفس الهوائي. وبعد أن تشكلت طبقة الأوزون ($O3$) من جزيئات الأوكسجين ($O2$) أمكن للحياة أن توجد على اليابسة وعلى سطوح البحار، لأن الأوزون في الجو يمتص الإشعاعات فوق البنفسجية المخربة للجمل الحية. وهكذا يمكن اعتبار توافر الأوكسجين ثورة جذرية في تاريخ نشوء الحياة وتطورها.

حلت الآن مشكلة الحساء الأول بالنسبة إلى فكرة أوبارين (وهو البحر الذي يحتوي على المواد العضوية الذائبة من بوليميرات بسيطة من الحموض الأمينية والحموض النووية) عن طريق التجارب غير المحدودة كالتي أجراها ستانلي ميللر، وبقي سؤال يتعلق بكيفية إيجاد

الأنزيمات طريقها إلى الوجود. فالأنزيم كما نعلم ذو بنية متلائمة بطريقة نوعية خاصة مع المادة التي يتوسط تفاعلاتها. حدث ذلك بحسب أوبارين وآخرين على الشكل التالي:

بعد أن تشكلت قطيرات الكواسيرفات، انفصل قسم معزول من الحساء الأصلي عن المحلول بحدود سطحية، ولكنه بقي قادراً على التفاعل مع المحيط، وبنوع من الاصطفاء الطبيعي السابق للحياة، سمح للقطيرات بأن تنمو على حساب الأقل منها نجاحاً، وإن أول الأجسام الوسيطة كان قليل الفعالية، ولكن بعد التعديلات التي طرأت عليها نتيجة إضافة بعض الجزيئات العضوية، فإن قدرتها الوسيطية تضاعفت ما يقارب الألف مرة. وفي هذه الأثناء، قاد الاتحاد العشوائي للحموض الأمينية فيما بينها إلى تشكيل بعض البروتينات الابتدائية التي تملك في وسطها شكل مركز فعال. ولكن هذه الجزيئات سرعان ما كانت تتلاشى وتختفي إلى أن تشكلت آلية متطورة مكنت من الاحتفاظ بهذه البنية.

خضعت كل هذه العمليات للاختبارات التجريبية ولا تزال المختبرات ناشطة لإنجاز جميع الجوانب المتعلقة بذلك، ولكن مثل هذه الإنجازات لا تؤكد بالضبط الطريقة التي سلكتها الأجسام عندما نشأت الحياة لأول مرة على الأرض.

آراء أخرى

ذكرنا أن جو الأرض القديم كان يحتوي على مقدار ضئيل من

الميتان وغاز الأمونيا حسب بعض الأدلة الجيولوجية الحديثة، وبالتالي لم يكن جواً مرجعاً كالجو الكلاسيكي الذي افترضه كل من أوبارين وهالدين وميللر. ربما أن غاز الأمونيا شديد الذوبان في الماء، يصعب وجوده في الجو بالشكل الحر.

وتبعاً لإحدى الفرضيات الحديثة، فإن عدداً من العناصر الضرورية للحياة، مثل الكربون والهيدروجين والنتروجين، لفظتها البراكين إلى الجو. وتشير إحدى الدراسات إلى أن تعرض هذه العناصر إلى الأشعة الضوئية ذات الموجات القصيرة الخاصة التي يبلغ طولها (2536) انغستروم يمكن أن يؤدي إلى إنتاج جزيئات كالحموض الأمينية، ولا يوجد في الوقت الحالي اختبارات حاسمة لتأكيد وترجيح إحدى الفرضيتين على الأخرى بالنسبة إلى كيفية نشوء الحياة على الأرض. والأدلة الجديدة سوف تنبثق من الدراسات المتعلقة بالتركيب الكيمياوي لأقدم صخور الأرض، وهذا حقل حديث من الدراسات أخذ في النمو سريعاً.

3. الخلايا الأولى

تسمح لنا دراسة طلائع الأحياء (protobionts) باعتبار طلائع الخلايا (Pre-cells) البسيطة نسبياً، كأجسام تبدي بعض خصائص الحياة المعاصرة. وهي على كل حال خطوة عظيمة للانتقال من التجمعات الجزيئية البسيطة كطلائع الأحياء، إلى الخلايا الحية. وعلى الرغم من أننا تعلمنا الكثير عن إمكانية الجزيئات العضوية، التشكل

على الأرض الابتدائية، فإن مسألة كيفية تطور طلائع الخلايا إلى خلايا حية تبقى بحاجة إلى الحل.

لا يعرف على وجه الدقة متى ظهرت الحياة على الأرض، والأحافير الصغرية (Microfossils) – وهي بقايا الأحياء المجهرية – تشير إلى أن الخلايا ازدهـرت منذ (3.5) بلايين سنة. أما الأدلة اللاأحفورية المنشورة عام 1996 فتشير إلى وجود الحياة قبل ذلك، أقله منذ (3.8) بلايين سنة. والخلايا الأولى كانت طلائعيات نوى. فقد كشفت صخور استراليا وأفريقيا الجنوبية عن أحافير مجهرية من طلائعيات النوى تعود إلى (3.1–3.5) بلايين سنة. كما أن أحافير القُرارات (الرسوبيات) الكلسية الطحلبية الطباقية، وهي عبارة عن شبه أعمدة ذات عدة طبقات لخلايا طلائعيات النوى، من العصيات الزرقاء غالباً، أحاطت الرسوبيات خلاياها بمرور الزمن فتحجرت بشكلها الصلب. ثم نمت طبقة جديدة من الخلايا الحية فوق الخلايا الميتة الأقدم.

ذكرنا أن نشوء الخلايا من تجمعات الجزيئات الكبرية، كان خطوة هامة في أصل الحياة. وفي الواقع، يمكن أن يكون تطور الخلايا قد حدث عبر سلسلة من الخطوات الصغيرة. ومن أهم الأجزاء لهذه العملية كان تكاثر الجزيئات.

4. تكاثر الجزيئات

تختزن التعليمات الوراثية ضمن DNA الخلايا الحية، وهي تنسخ

برسالة يحملها RNA المرسال، تترجم بدورها إلى تتابع خاص من عدد محدد من الحموض الأمينية لتكوين البروتين النوعي، ومع أن كل هذه الجزيئات الكبرية الثلاث من المتوالية - DNA - RNA - بروتين - تحتوي على تعليمات دقيقة ومحددة، لكن DNA وRNA وحدهما قادران على التضاعف الذاتي بوجود أنزيمات خاصة، ولأنه يمكن تشكيل DNA وRNA بصورة ذاتية على الغضار بالطريقة نفسها التي تفعلها المتماثرات العضوية الأخرى.

يصبح السؤال المطروح هو: أي من الجزيئين DNA أم RNA انتشر أولاً في عالم طلائع الأحياء؟

اقترح بعض العلماء أن RNA كان الجزيء المعلوماتي الأول الذي تطور في التقدم نحو الخلية القادرة على الثبات والاستمرار والتكاثر الذاتي. وأن البروتينات وال DNA تشكلت لاحقاً. وبموجب هذا النموذج المقترح فإن التركيب الكيميائي لأرض طلائع الأحياء سمح بتشكل جزيئات RNA القادر على التضاعف الذاتي والقيام بدور الأنزيم أيضاً.

من المظاهر المدهشة لل RNA أن له على الغالب خواص وسيطية وأن مثل هذا النمط منه يدعى ريبوزيم.

يساعد الريبوزيم في الخلايا المعاصرة على الوساطة في صنع RNA الريبوزومي (rRNA). وقبل تطور الخلايا الحقيقية قد تكون الريبوزيم قد توسطت في تضاعفها الخاص في الغضار والأحواض الصخرية الضحلة، والأخاديد الحارة حيث نشأت الحياة.

عندما تضاف ضفائر RNA إلى أنبوب اختبار يحتوي على النيوكليوتيدات التي يتركب منها RNA دون أنزيمات، تتحد هذه النيوكليوتيدات لتشكل جزئيات قصيرة من RNA وتـزداد سرعة التفاعل إذا أضيف الزنك كوسيط. والمعلوم أن الزنك يرتبط بالغضار. ففي عالم RNA القديم توسط الريبوزيم (RNA الوسيطي) في اصطناع البروتينات بصورة أساسية، وبعد فترة متأخرة تكفلت الأنزيمات البروتينية بدور الوساطة في صناعة RNA.

وما يثير الاهتمام أنه يمكن لـ RNA أن يدير عملية صنع البروتين كوسيط في تشكيل الروابط الببتيدية (وهي روابط كيمياوية بين الحموض الأمينية المكونة للبروتين). كما أن بعض جزيئات RNA أحادية الطاق، تنثني على ذاتها نتيجة للتفاعل بين النيوكليوتيدات مشكلة ضفيرة RNA. وفي بعض الحالات يسمح جزئي RNA المنثني بتكوين رابطة ضعيفة مع نوع من الحموض الأمينية، وإذا صدف أن كانت الحموض الأمينية المرتبطة مع RNA قريبة بعضها من بعض، اتحدت فيما بينها وشكلت سلسلة من عديد الببتيد وهي الطريقة نفسها التي يتم فيها صنع البروتينات في الوقت الحاضر.

ولكن إذا كان RNA الذاتي التضاعف والقادر على التشفير للبروتينات، قد ظهر قبل DNA، فكيف أصبح DNA الجزيء الوراثي العام المسؤول عن عملية الترجمة؟ (وهي نقل التعليمات الوراثية في DNA إلى حموض أمينية في البروتين). ربما صنع RNA نسخاً من ضفائر ثنائية الطاق لذاته بادئ الأمر ثم تطورت في النهاية إلى DNA.

إن لإدماج DNA في جملة نقل التعليمات الوراثية مزية خاصة لأن بنية الضفيرة ذات الطاقين في DNA أكثر ثباتاً من بنية الطاق الواحد في RNA، وكان لهذا الثبات في الجزيء المخزن للتعليمات الوراثية الأفضلية في عالم طلائع الأحياء كما هي الحال في الوقت الحاضر.

ففي عالم DN ← RNA ← بروتين أصبح DNA الجزيء المخزن للتعليمات وبقيRNA مسؤولاً في عملية صنع البروتين والأنزيمات البروتينية مسؤولة عن الوساطة في معظم التفاعلات الخلوية بما في ذلك تضاعفDNA وصنعRNA وصنع البروتين DNA→ RNA ← بروتين لا يزال RNA مكوناً ضرورياً في جملة نقل التعليمات الوراثية لأن DNA لا يصلح للوساطة. وهكذا رجح الاصطفاء الطبيعي على المستوى الجزيئي التسلسل المعلوماتي DNA، RNA بروتين. وحالما أصبح DNA مندمجاً في هذا التتابع، ارتضت لذاتها جزيئات RNA دورها الحالي كمتوسط في نقل التعليمات الوراثية.

كان من الواجب حدوث عدة خطوات إضافية قبل تطور الخلية الحية الحقيقية من التجمعات الجزيئية الكبرية، فالشيفرة الوراثية مثلاً، كان عليها أن تنبعث بصورة باكرة جداً في عالم طلائع الأحياء، لأن جميع المعطيات تملكها. ولكن كيف نشأ ذلك أصلاً؟ وكيف نشأ الغشاء البلاسمي المؤلف من الدسم والبروتين ليحيط بالتجمعات السابقة للخلية فسمح بتجمع بعض الجزيئات واستثنى أخرى؟

5. الخلايا الأولى غيرية التغذية

أمّنت الخلايا الباكرة، غالباً، الجزيئات العضوية التي احتاجت إليها من البيئة المحيطة دون أن تصنعها بذاتها، وهذه الخلايا الابتدائية غيرية التغذية، استخدمت غالباً، الجزيئات العضوية التي تشكلت بصورة عفوية ذاتية مثل السكريات والنيوكليوتيدات والحموض الأمينية، كما أنها أمنت الطاقة اللازمة بفضل تخمُّر هذه المركبات العضوية. فالتخمر عملية لاهوائية (تتم بغياب الأوكسجين) ومن شبه المؤكد أن الخلايا الأولى كانت لاهوائية.

عندما أخذت هذه المؤونة من الجزيئات العضوية في التناقص، أمكن لبعض المتعضيات فقط أن تعيش وتبقى، ومن المحتمل حدوث طفرات سابقة سمحت لبعض الخلايا بتأمين الطاقة مباشرة من ضوء الشمس وربما باستخدامه لصنع (ATP). وهذه الخلايا التي ليست بحاجة إلى المركبات العضوية الغنية بالطاقة والتي كانت آنئذ مؤونة شحيحة في البيئة تمتعت بأفضلية مميزة.

لا يتطلب التركيب الضوئي الطاقة الضوئية فقط، وإنما منبعاً للإلكترونات أيضاً، يُستعمل لإرجاع ثنائي اكسيد الكربون عندما يتم صنع المواد العضوية كالغليكوز؛ ومن المحتمل جداً أن الأحياء الأولى ذاتية التغذية (أي التي تصنع غذاءها العضوي بذاتها من مواد لا عضوية أولية) قد استخدمت ضوء الشمس لفصم الروابط في المركبات الهيدروجينية كغاز ثنائي هيدروجين الكبريت (H2S) محررة الكبريت العنصري (S) وليس الأوكسجين في هذه العملية. والواقع أن

البكتيريات الكبريتية الخضراء والبكتيريات الكبريتية الأرجوانية لا تزال تستخدم (H_2S) مصدراً للهيدروجين في عملية التركيب الضوئي. أما أول ذاتي تغذية استخدم الضوء للحصول على الهيدروجين من الماء فكان البكتيريات الزرقاء، وكان الماء شديد الغزارة على الأرض الباكرة كما هي الحال اليوم. وإن الأفضلية الاصطفائية في شطر الماء سمحت للبكتيريات الزرقاء بالبقاء والازدهار.

وفي عملية شطر الماء تحرر الأوكسجين بشكله الغازي (O_2) وكان المتحرر منه في البدء نتيجة التركيب الضوئي، يؤكسد المعادن (الفلزات) في المحيط وفي القشرة الأرضية، ما حال دون تجمع الأوكسجين في الجو مدة طويلة في بداية الأمر، غير أنه أخذ أخيراً بالتراكم في المحيط والجو.

إن الدراسات الجيولوجية المستمدة من الأحافير، تدل على أن المتعضيات التي تعتمد التركيب الضوئي ظهرت منذ (3.1 – 3.5) بلايين سنة تقريباً، وهذا الدليل يفترض وجود الأشكال غيرية التغذية قبل ذلك.

6. ظهور الأحياء الهوائية

منذ بليوني سنة أنتجت البكتيريات الزرقاء كمية من الأوكسجين كافية لتغيير تركيب الجو، وكان لزيادة أوكسجين الجو تأثير عميق في مجرى الحياة. فاللاهوائيات المجبرة (لا تستطيع استخدام الأوكسجين في التنفس الخلوي) أصابها التسمم بالأوكسجين فهلكت أنواع

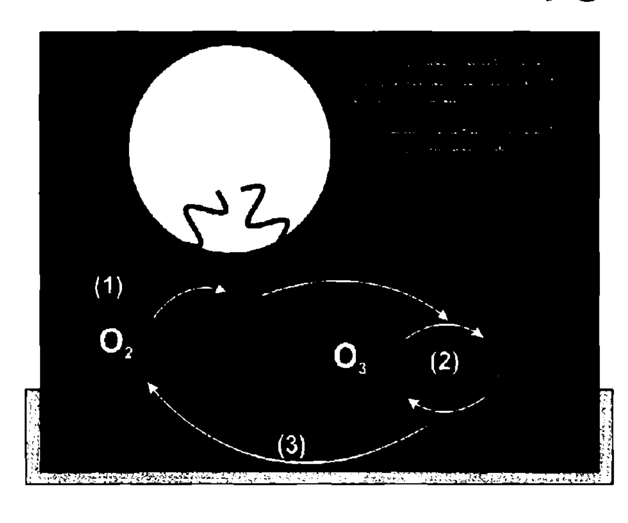
عديدة دون شك، لكن بعض اللاهوائيات بقيت في بيئات لا ينفذ إليها الأوكسجين، وبعضها طور طرائق لتعديل الأوكسجين بحيث لا يؤذيها. كما أن بعض المتعضيات التي دعيت بالهوائيات، طورت مسلكاً يستخدم الأوكسجين لاستخلاص مزيد من الطاقة من الغذاء وتحويله إلى طاقة ATP، وانضم التنفس الهوائي إلى اللاهوائي في عملية تفكك السكريات (Glycolysis) الموجودة أصلاً.

كان لتطور المتعضيات المستخدمة للأوكسجين في عملياتها الاستقلابية جملة من النتائج. فالمتعضيات ذات التنفس الهوائي جنت مزيداً من الطاقة من جزيئة غلوكوز واحدة أكثر مما تحصل عليه اللاهوائيات بالتخمر. فكانت المتعضيات الهوائية حديثة التطور، أكثر كفاءة وقدرة على التنافس من اللاهوائية. وبالإضافة إلى سمِّية الأوكسجين للاهوائيات، فإن كفاءة الهوائيات أجبرت اللاهوائيات على اتخاذ دورها الضئيل. والأغلبية الساحقة من المتعضيات في الوقت الحاضر، بما في ذلك النباتات والحيوانات وأغلب الفطريات (Fungi) والأوليات (Protists) وطلائعيات النوى (Prokaryotes) تستعمل التنفس الهوائي. في حين أن عدداً قليلاً فقط من البكتيريا والأوليات والفطريات يمارس التنفس اللاهوائي.

كان لتطور التنفس الهوائي مفعول مثبت للأوكسجين وثنائي أكسيد الكربون في الجو. فالمتعضيات ضوئية التركيب استعملت ثنائي أكسيد الكربون مصدراً للكربون لصنع المركبات العضوية، فكان على هذه المادة الخام أن تتناقص في الجو فترة قصيرة نسبياً في غياب

تقدم التنفس الهوائي الذي يحرر (CO_2) كناتج جانبي للتفكك التام للجزيئات العضوية، وهكذا بدأ الكربون بتفعيل دورته في الجو، منتقلاً من البيئة الفيزيائية اللاحية، إلى المتعضيات ضوئية التركيب (النباتات) ومنها إلى الأحياء غيرية التغذية، وقد أعيد الكربون إلى البيئة الفيزيائية كثنائي أكسيد الكربون في عملية التنفس الهوائي، واستمرت هكذا دورة الكربون في الطبيعة. وبأسلوب مشابه تمت دورة الأوكسجين، حيث ينتج في عملية التركيب الضوئي ويستهلك في التنفس الهوائي.

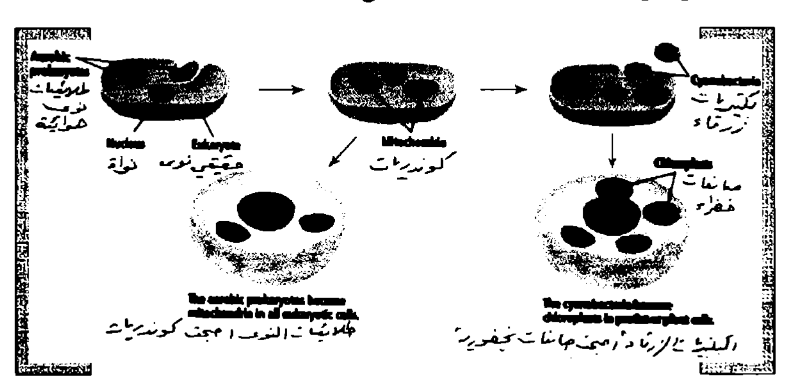
ظهرت نتيجة هامة أخرى للتركيب الضوئي في أعالي الجو، حيث اتحدت جزيئات الأوكسجين (O_2) لتشكيل طبقة الأوزون (O_3) التي أحاطت الأرض وحالت دون نفوذ الأشعة فوق البنفسجية إلى السطح، (شكل65)، وبهذه الطبقة الأوزونية الواقية من الأثر الطفراتي للأشعة فوق البنفسجية كانت المتعضيات قادرة على العيش بشكل أقرب إلى السطح في البيئات المائية والانتقال فيما بعد إلى اليابسة.



الشكل(65)
تشكل الأوزون من الأوكسجين

7. منشأ حقيقيات النوى (Eukaryotes)

ظهرت حقيقيات النوى في السجل الأحفوري منذ (109 – 201) بليون سنة، حيث اشتقت من طلائعيات النوى فكيف حدث ذلك؟ ترى نظرية التكافل الداخلي (Endosymbiosis) للعالم لن مارغولس، بأن العضيّات كالجسيمات الكوندرية والصانعات الخضراء (Chloroplasts)، نشأت عن علاقة تكافلية داخلية متميزة ومتبادلة بين متعضيين من طلائعيات النوى، (شكل 66).



(الشكل66)
التكافل الداخلي بين البكتيريات الزرقاء وطلائعيات النوى الهوائية

من الواضح أن الصانعات الخضراء (كلوروبلاست) تطورت من بكتيريات ضوئية التركيب (ربما البكتيريات الزرقاء) عاشت ضمن خلايا أكبر غيرية التغذية. بينما تطورت الكوندريات من بكتيريات هوائية (ربما البكتيريات الأرجوانية) عاشت ضمن خلايا أكبر لاهوائية. وهكذا نرى أن خلايا حقيقيات النوى الباكرة كانت مؤلفة من طلائعيات نوى سابقة حرة العيش. ولكن كيف أمكن لهذه البكتيريات

أن تصبح متكافلات داخلية، تعيش تكافلياً داخل خلايا مضيفة؟ ربما دخلت أصلاً إلى الخلايا المضيفة دون أن تهضم، وتمكنت من البقاء والتكاثر معاً مع ا لخلية المضيفة، بحيث تحتوي الأجيال اللاحقة من المضيف على المتكافلات الداخلية أيضاً. لقد طور المتكافلان علاقة من المنفعة المتبادلة، قدم فيها كل منهما شيئاً إلى الآخر. وفي النهاية فقد المتكافلان القدرة على الوجود خارج المضيف، وفقد المضيف إمكانية العيش بدون المتكافلين. وهذه النظرية تشترط على كل من الشركاء أن يقدم إلى الشريك الشيء الذي ينقصه. فالكوندريات في مثالنا تقدم القدرة على التنفس الهوائي الذي تحتاج إليه الخلية المضيفة الأصلية اللاهوائية، والصانعات الخضراء تزود بإمكانية استخدام مصدر بسيط للكربون (CO2) لإنتاج الجزيئات العضوية اللازمة. أما الخلايا المضيفة فتؤمن المقطن الآمن والمواد المغذية الخام.

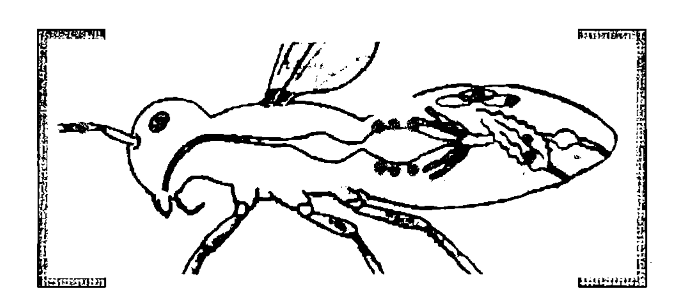
إن الدليل الرئيس لمصلحة التكافل الداخلي هو أن الكوندريات والصانعات الخضراء تملك بعضاً من المادة الوراثية ومكونات الترجمة في عملية صنع البروتين وليس كل ما يلزم منها، فلها DNA الخاص بها كجزيء حلقي مشابه لما يخص طلائعيات النوى، ولها جسيماتها الريبية (الريباسات Ribosomes) المشابهة لطلائعيات النوى أكثر مما هي لريباسات حقيقيات النوى.

تملك الكوندريات والصانعات الخضراء أيضاً، جزءاً من وسائل صنع البروتين منها جزيئات RNA الناقل (TRNA) وهي قادرة على قيادة تركيب البروتين في مجال محدد مستقل عن النواة. وفضلاً عن

ذلك، من الممكن تسميم الكوندريات والصانعات الخضراء بمضاد حيوي يؤثر في طلائعيات النوى وليس في خلايا حقيقيات النوى.

يوجد اليوم عدد من علامات التكافل الداخلي، فالعديد من الشعاب المرجانية لها طحالب تعيش كمتكافلات داخلية ضمن خلاياها.

وفي أمعاء النملة البيضاء (Termites) (شكل 67)، يعيش حييوين أولي (protozoon) يسمى (Mixotricha paradoxa).



(الشكل67) التكافل الداخلي في أمعاء النملة البيضاء

لا تشرح نظرية التكافل الداخلي بالضبط تطور خلايا حقيقيات النوى من طلائعيات النوى، فهي لا تفسر مثلاً كيف أحيطت المادة الوراثية في النواة بغلاف غشائي، وهنالك بعض البيولوجيين يرفض هذه النظرية ويؤيد نموذج المنشأ الذاتي (Autogenous model)، وبموجبه اشتقت حقيقيات النوى من طلائعيات النوى بتضاعف الأغشية الداخلية وتشكيل حجيرات خلوية، وقد اشتقت هذه الأغشية الداخلية من الغشاء البلاسمي لطلائعيات النوى. وبصرف النظر عن

تطور خلايا طلائعيات النوى، فإن قدومها يقرر لمرحلة تطورية أبعد نمواً.

يمكننا الآن عرض تسلسل الأحداث في تاريخ تطور الأحياء على الأرض بشيء من التفصيل.

الفصل الثاني: السجل الأحفوري وقصة الحياة

إن تتابع الحوادث البيولوجية والجيولوجية والمناخية التي شكلت قصة الحياة، مسجل في الصخور والأحافير. تتألف رسوبيات القشرة الأرضية من خمس طبقات صخرية رئيسة وكل ينقسم إلى طبقات فرعية متوضعة وأحدثها فوق الأخرى، وثمة أمكنة قليلة على الأرض مغطاة بكل الطبقات. والطبقات الموجودة نموذجياً تتراصف بالترتيب الصحيح، الأحدث منها فوق الأقدم، وقد تشكلت هذه الألواح الصخرية من تراكم الطين والرمل في قاع المحيطات والبحار والبحيرات. وكل طبقة تحتوي على أحافير مميزة تخدم في تحديد هوية القُرارات (deposits) المتكونة في الوقت نفسه تقريباً، وفي مختلف أجزاء العالم.

1. الأزمنة الجيولوجية

يقسم الجيولوجيون تاريخ الأرض إلى مراحل من الزمن مبنية على حوادث جيولوجية ومناخية وبيولوجية هامة. والقليل نسبياً قد عرف عن بداية الأرض منذ (4.6) بلايين سنة حتى (570) مليون سنة.

أما الفترة الأكثر حداثة والتالية للفترة السابقة فتنقسم إلى ثلاثة أحقاب (ERAS) بناء على المتعضيات المميزة لكل حقب بصورة أساسية.

ويقسم الحقب إلى عصور (Periods) وكل عصر إلى أحقاب (Epochs). (أنظر الجدول المرافق).

أ. الخلايا الحية في البريكمبري

تعود علامات وجود الحياة البريكمبرية إلى حوالى (3.8) بلايين سنة، ولم يتوافر لدينا كثير من الأدلة المادية عنه لأن صخوره الموغلة في القدم مدفونة عميقاً في أغلب أجزاء العالم وظهر بعضها في أماكن قليلة من ضمنها قاع الخانق العظيم (Grand Canyon) وامتداد شواطئ البحيرات الكبرى. وقد تبين وجود الأحافير المجهرية في أكثر من (400) تشكيلة من صخور البريكمبري (ما قبل الكمبري).

انتشرت في البريكمبري نشاطات واسعة للبراكين، وارتفاعات شاهقة للجبال، وقد خرّب الضغط والحرارة والخضات المصاحبة لهذه الحركات أغلب الأماكن التي يمكن للأحافير أن تتشكل فيها. ولا تـزال بعض الأدلة باقية على شكل آثار ضئيلة من الغرافيت أو الكربون النقي والتي يمكن أن تكون البقايا المتحولة للأحياء الابتدائية. وتغزر هذه البقايا على الأرض في الأماكن التي تشكلت فيها المحيطات والبحار الحالية.

اكتشفت أحافير مشابهة للبكتيريات الزرقاء في عدة تشكيلات بريكمبرية، والأحافير التي وجدت في الصخور الأكثر حداثة من

البريكمبري تُظهر أمثلة مبهمة لبعض الزمر من البكتيريا والفطريات والأوالي (Protists) بما في ذلك طحلبيات كثيرة الخلايا والحيوانات.

ومن المصادر الغنية بتوضعات أحافير البريكمبري أحافير هضاب الإيدياكاران في جنوبي استراليا وهي أقدم أحافير معروفة لكثيرات الخلايا الحيوانية، وتعود إلى الفترة الأحدث من البريكمبري، منذ (600 – 650) مليون سنة ولم يحدد البيولوجيون حتى الآن صلة القرابة والنسب لهذه الحيوانات البسيطة التي وجدت هناك وفي أماكن أخرى من البريكمبري في أنحاء العالم، ويزعم بعض البيولوجيين أن هذه الحيوانات تبدو كأمثلة باكرة عن قناديل البحر والمرجانيات الملساء والديدان الحلقية، والرخويات ومفصليات الأرجل الملساء بينما بعضها الآخر، لا يبدي أي شبه مع أية أحفورة معروفة لمتعضية حية. (شكل 68). فإذا صح ذلك الزعم فإن بعض حيوانات الإيدياكاران أقله، كانت أجداداً للحيوانات اللاحقة. لكن فريقاً آخر من البيولوجيين الذين درسوا هذه الأحافير يظنون بأن لحيوانات الإيدياكاران مخطط جسم يختلف عن كل الحيوانات وإذا صح هذا الرأي، فلربما تعرضت هذه الحيوانات للانقراض في نهاية البريكمبري، وبالتالي ليس لها أية صلة مباشرة بالحيوانات الحالية.

جدول لبعض الحوادث الجيولوجية الهامة في الأزمنة الجيولوجية

الزمن بملايين السنين				
الزمن	الحقب	العصر	الحقبة	الشروط المناخية والجيولوجية
0.1	[illegible]	الرابع	هولوسين	نهاية العصر الجليدي، مناخ أدفأ، مستوى أعلى لسطح البحار لذوبان الجليديات
2			بلستوسين	عدة أعصر جليدية، جليديات في نصف الكرة الشمالي
5		الثالث	بليوسين	نهوض الأرض وتشكل الجبال - براكين - تبرد المناخ - ارتباط أميركا الشمالية بالجنوبية في مضيق بناما
25			ميوسين	تشكل جبال - مناخ أكثر جفافاً وبرودة
38			أوليغوسين	نهوض جبال الألب وهيمالايا - نشاطات بركانية في الجبال الصخرية - زيادة البرودة والجفاف.
55			إيوسين	زيادة دفء المناخ
65			باليوسين	اختفاء بحار القارات - المناخ يميل إلى البرودة والرطوبة

الزمن بملايين السنين				
الزمن	الحقب	العصر	الحقبة	الشروط المناخية والجيولوجية
144	[illegible]		كريتاسي	تنفصل القارات - معظمها ينخفض - تشكل بحار داخلية كبيرة ومستنقعات - يميل المناخ إلى الدفء
213			جوراسي	انخفاض القارات - بحار داخلية - تشكل جبال - يبدأ انزياح القارات - مناخ معتدل
248			ترياسي	تشكل جبال عديدة - تشكل صحارى واسعة - مناخ دافئ وجاف
286	[illegible]		برمي	جليديات - نهوض وبروز قارات - مناخ متقلب
360			كربوني	أراض منخفضة ومستنقعية - مناخ دافئ ورطب يصبح أكثر برودة فيما بعد
408			ديفوني	جليديات بحار داخلية
438			سيلوري	معظم القارات مغطى بالبحار
505			أوردوفيشي	البحر يغطي معظم القارات
570			كمبري	أقدم الصخور - أغزر الأحافير - أراضٍ منخفضة مناخ معتدل ورطب

	النباتات	الحيوانات
هولوسين	تراجع بعض نباتات الغابات وتقدم النباتات العشبية	عصر الإنسان الحديث
بلستوسين	انقراض بعض الأنواع النباتية	انقراض بعض اللبونات الضخمة
بليوسين	انتشار الأراضي العشبية الواسعة والصحارى وتراجع الغابات	عدة لبونات عاشبة - لبونات آكلة لحوم ضخمة - أول رئيسات مشابهة للإنسان
ميوسين	استمرار النباتات الزهرية في التنوع	تنوع كبير للبونات العاشبة والطيور المغردة
أوليغوسين	انتشار الغابات والنباتات الزهرية	ظهور القردة، فصائل اللبونات الحالية أصبحت ممثلة
ايوسين	توسع النباتات نصف المدارية (الزهريات والصنوبريات)	تشعب اللبونات الابتدائية بسرعة
باليوسين	ظهور النباتات الزهرية	بلوغ الدينوصورات ذروتها وانقراضها - انقراض الطيور ذات الأسنان - اللبونات الأولية
كريتاسي	شيوع عريانات البذور	دينوصورات ضخمة متخصصة - أول الطيور ذات الأسنان - لبونات ابتدائية أكلة حشرات.
جوراسي	سيطرة عريانات البذور - شيوع السراخس	أول الدينوصورات - أول اللبونات
ترياسي	تنوع الصنوبريات	ظهور الحشرات الحديثة - زواحف شبه لبونة

	النباتات	الحيوانات
برمي	ظهور السيكاديات	انقراض عدة لافقريات من الحقب القديم
كربوني	غابات السراخس - طحالب رجل الذئب وأذناب الخيل - الصنوبريات - الطحلبيات - حشيشة الكبد	الزواحف الأولى - انتشار البرمائيات القديمة - عدة أشكال من الحشرات - غزارة سمك القرش القديم
ديفوني	تنوع النباتات الوعائية - الغابات الأولى - ظهور الصنوبريات - ظهور الطحلبيات	عدة ثلاثيات فصوص - ظهور أسماك فكية وبرمائيات - ظهور حشرات عديمة الجناح
سيلوري	سيطرة الاشنيات في النباتات المائية - ظهور النباتات الوعائية	تنوع الأسماك عديمة الفك - شيوع الشعاب المرجانية - ظهور مفصليات أرجل في اليابسة.
أوردوفيشي	سيطرة الاشنيات البحرية - أنواع نباتات يابسة	سيطرة اللاافقاريات - ظهور الشعاب المرجانية - ظهور الأسماك الأولى
كمبري	اشنيات - بكتيريات زرقاء - فطريات	لافقريات بحرية - أول الحبليات



(الشكل68)
أحافير الايدياكارا

ب – الحقب القديم (Paleozoic)

بدأ الحقب القديم منذ 570 مليون سنة تقريباً واستمر حوالى 222 مليون سنة وهو يقسم إلى ستة عصور 1 – الكامبري، 2 – الأوردوفيشي، 3 – السيلوري، 4 – الديفوني، 5 – الكربوني، 6 – البرمي.

الكامبري

يتمثل العصر الكامبري بصخور غنية بالأحافير، حيث تسارعت عملية التطور، فظهرت فجأة عدة زمر جديدة من الحيوانات ما دعا إلى تلقيب هذه الفترة «بالانفجار الكامبري». وُجدت في الرسوبيات البحرية لهذا العصر أحافير جميع شعب الحيوانات المعاصرة بالإضافة إلى شعب أصابها الانقراض، وكان قاع البحر مغطى بالإسفنج والمرجان وزنابق البحر ونجوم البحر والحلزون ورأسيات الأرجل وعضديات الأرجل وثلاثيات الفصوص وقليل من الحبليات الابتدائية وحيوانات بحرية أخرى. انتشرت الحيوانات جحرية الملجأ العاشبة والضارية (المفترسة) في البيئة البحرية.

لم يتفق العلماء على تحديد العامل أو العوامل المسؤولة عن الانفجار الكامبري الذي لا نجد له شبيهاً في التاريخ التطوري للحياة، ولكن ثمة بعض الأدلة على تزايد نسبة الأوكسجين في الجو في نهاية البريكمبري إلى حد سمح بدعم ظهور الحيوانات الضخمة وقد تعرضت الأرض تدريجاً إلى طوفانات أثناء الكمبري.

الأوردوفيشي

في هذا العصر كان كثير من أراضي اليابسة الحالية مغطى بالبحار الضحلة التي حصل فيها انفجار آخر من التشكيلات التطورية، ولكن أقل إثارة من الانفجار الكامبري. كانت هذه البحار مأهولة برأسيات أرجل عملاقة وحيوانات شبيهة بالحبار (Squid) مجهزة بأصداف مستقيمة بطول (6-7) أمتار وعرض (30) سم. ظهرت الشعاب المرجانية أثناء هذه الفترة كما هو حال الفقاريات الباكرة التي كانت أسماكاً عظيمة صغيرة وعديمة الفكوك، دعيت صدفية الجلد (Ostracoderms).

السيلوري

تشعبت الأسماك عديمة الفك، وظهرت الأسماك الفكية، وظهر شكلان من الأحياء لهما أهمية بيولوجية عظيمة هما: نباتات اليابسة والحيوانات الهوائية رئوية التنفس. وأول النباتات التي عرفت كانت تشبه السرخسيات من حيث امتلاكها للنسج الناقلة وتكاثرها بالأبواغ (spores) وأن تطور النباتات سمح للحيوانات باستعمار اليابسة، لأن النباتات وفرت للحيوانات الأرضية الأولية، الغذاء والمأوى. أما الحيوانات الأرضية هوائية التنفس المكتشفة في السيلوري فكانت مفصليات أرجل - ألفيات أرجل - مفصليات أرجل شبه عنكبوتية - وربما مئويات أرجل. ومن الهام جيولوجياً أن نشعر بأن جريان الطاقة من النباتات إلى الحيوانات ربما تم بوساطة حطام أو بقايا المتعضيات المتحللة (Detritus)، أكثر مما هو بصورة مباشرة من المادة الحية للنبات.

الديفوني

ظهرت تشكيلة واسعة من الأسماك في الديفوني، وكثيراً ما يدعى هذا العصر عصر الأسماك، حيث استمرت الأسماك عديمة الفك قوقعية الجلد كما حدث الإشعاع الكبير لذوات الفك، وهذا تكيف مكن الفقاريات من المضغ والقضم، كما ظهر سمك القرش. أما النمطان المسيطران من الأسماك العظمية فهما:

أ) الأسماك فصية الزعانف وتضم شوكيات الجوف والأسماك الرئوية.

ب) الأسماك شعاعية الزعانف التي كانت أصلاً لمعظم الرتب من الأسماك الحالية.

أما شوكيات الجوف (Coelacanths) وهي أسماك عظمية ابتدائية، فيظن أنها انقرضت. وفي عام 1938 اكتشفت الأحياء الأولى من شوكيات الجلد في المياه العميقة من شواطئ مدغشقر (شكل 69) وكان لهذا الاكتشاف المغزى العظيم من الناحية العلمية لأنه وهب علماء الأحافير فرصة لاختبار فرضياتهم حول أحافير شوكيات الجوف بموازنتها مع الأنواع الحالية.



(الشكل69)
شوكيات
جلد الديفوني

كانت الأسماك الرئوية، وهي زمرة قديمة من الأسماك هوائية التنفس، كثيرة الشيوع في الديفوني ولم يستمر منها سوى حوالى ستة أنواع حالياً، في أميركا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا.

تحتوي رسوبيات الديفوني الأعلى على بقايا أحافير سمادل مشابهة للبرمائيات التي كانت على الغالب، ضخمة تماماً وذات أعناق قصيرة وثخينة وأذناب عضلية. وهذه الحيوانات ذات الأقحاف المغلفة بسلاح عظمي، كانت لعدة اعتبارات مشابهة تماماً للأسماك فصية الزعانف التي ربما كانت أسلافها المباشرة. فالبرمائيات الباكرة على سبيل المثال، امتلكت زعانف ذنبية سمكية الشكل وجسماً مغطى بالحراشف. وربما قضت البرمائيات الباكرة معظم أوقاتها في الماء وحوله كما أن الحشرات عديمة الأجنحة نشأت في أواخر الديفوني.

تنوعت النباتات الوعائية الباكرة أثناء الديفوني نتيجة انفجار تطوري نافس الانفجار الذي حدث للحيوانات في الكمبري، وباستثناء النباتات الزهرية فإن معظم الزمر النباتية الكبرى ظهرت في الديفوني مثل غابات السراخس وطحالب رجل الذئب (Club mosses) وأذناب الخيل. وازدهرت السراخس البذرية (زمرة منقرضة من النباتات القديمة ذات أوراق شبيهة بأوراق السراخس ولكنها تتكاثر بالبذور).

الكربوني

سمي بهذا الاسم بسبب الغابات المستنقعية الضخمة التي استمرت بقاياها حتى اليوم على شكل مناجم رئيسة للفحم.

كان معظم الأراضي مغطى بالمستنقعات المنخفضة المليئة

بأذناب الخيل ورجل الذئب وعريانات البذور (Gymnosperms) (وهي نباتات بذرية كالصنوبر).

* اتخذت البرمائيات إشعاعاً تكيفياً واستثمرت البيئات المائية والأرضية فكانت الضواري (آكلة اللحوم) الأرضية المسيطرة في الكربوني.

* ظهرت الزواحف وتشعبت إلى خطين رئيسين أحدهما يتألف من عظايات آكلة حشرات صغيرة ومتوسطة الحجم، وهو الذي قاد أخيراً إلى زمرة العظايات والحيّات والتمساحيات والدينوصورات والطيور. أما الخط الآخر فقد قاد إلى زمر مختلفة من زواحف البرمي والحقب المتوسط الباكر، الشبيهة بالحيوانات اللبونة.

* ظهرت زمرتان من الحشرات المجنحة والصراصير (Cockroaches) واليعاسيب (Dragonflies) في الكربوني. وتدرجت اليعاسيب في حجومها، من الحجم الأصغر لليعاسيب الحالية إلى بعض ذوي أجنحة بطول 75 سم.

البرمي

استمرت البرمائيات في أهميتها خلال البرمي، ولكنها لم تعد الضواري المسيطرة في بيئات اليابسة. أما الزواحف المشابهة للبونات فقد تنوعت بشكل انفجاري وسيطرت كحيوانات لاحمة وعاشبة ذات حياة أرضية. ونشأت مجموعة هامة منها في البرمي وانطفأت في الحقب المتوسط. وكانت وحشيات الوجه (الثيرابسيدات) مجموعة تضمنت أجداد اللبونات.

تنوعت النباتات البذرية وسيطرت معظم المجموعات النباتية أثناء البرمي وانتشرت الصنوبريات ذات المخاريط والسيكاديات (نباتات تشبه النخيل ذات تيجان من الأوراق شبه السرخسية ومخاريط ضخمة تحتوي على البذور) وظهرت أشجار الجينكو (أشجار ذات أوراق شبه مروحية) وحدث الانقراض الأعظم بين البرمي والترياسي منذ حوالى 250 مليون سنة. أكثر من 90% من الأنواع البحرية الموجودة انطفأت في هذا الزمن.

تميز العصر البرمي بتغيرات مناخية وطوبوغرافية كبيرة، وفي خلال البرمي المتأخر انخفض المستوى البحري وتقلص توزع البحار قليلة العمق في الرفوف الصخرية للقارات، أكثر من ثلث ما كانت عليه في بداية البرمي وفي الترياسي الباكر نهض مستوى البحر ثانية وامتدت البحار الضحلة.

أما سبب هذا الانقراض الكبير في البرمي فمثار للجدل، وقد تكون التغيرات في المستوى البحري عاملاً في انقراض اللافقاريات البحرية. وتناقص البحار الضحلة أدى إلى اضطراب مناخي على اليابسة وتسبب بانقراض متعضيات اليابسة الموجودة آنئذ. وهنالك فرضية أخرى ترى أن نضوب الأوكسجين في المحيطات وهذا حدث مدعوم بأدلة جيوكيمياوية، أحد أسباب الانقراض. كما تبين حدوث اندفاعات بركانية مزلزلة في سيبيريا على مدى مليون عام في نهاية البرمي تسببت ببرودة الأرض وبالتالي بالانقراض الهائل للمتعضيات.

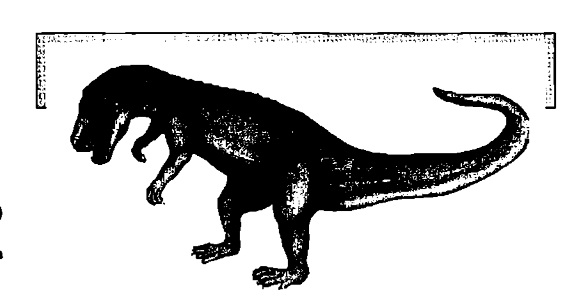
ج – الحقب المتوسط

سيطرة الدينوصورات (العظايات الضخمة)

بدأ الحقب المتوسط منذ حوالى 248 مليون سنة واستمر ما يقارب 183 مليون سنة وهو يقسم إلى ثلاثة عصور: الترياسي والجوراسي والكريتاسي. السمة المميزة لهذا الحقب هي النشوء والتمايز والانقراض التام لتشكيلة واسعة من الزواحف، لذلك سمي بعصر الزواحف. وإن أغلب الرتب الحالية للحشرات ظهرت أثناء هذا الحقب، كما زاد عدد وتنوع الحلزون والمحار (Clams) (حيوان رخوي له قوقعة ذات مصراعين). وبلغت قنافذ البحر ذروة تنوعها وتشعبها. ويعتبر الحقب المتوسط بمنظور علم النبات فترة سيطرة عريانات البذور حتى أواسط الكريتاسي، عندما تشعبت النباتات الزهرية لأول مرة.

الترياسي

عانت الزواحف في الترياسي تكيفاً إشعاعياً تمثل بالعديد من المجموعات، وكانت المجموعات المسيطرة هي الثيرابسيدات شبه اللبونة التي تدرجت من آكلة حشرات صغيرة الحجم إلى حيوانات عاشبة متوسطة الحجم وزمر مختلفة من مغروزات الأسنان (Thecodonts) (شكل 70) إلى الزواحف المسيطرة التي كانت آكلة لحوم بصورة رئيسة وهي أسلاف الدينوصورات والزواحف الطائرة وربما الطيور.



(الشكل70)
مغروز الأسنان

وفي البحر ظهرت جملة من زمر الزواحف البحرية الهامة مثل:

1 - البيصور (أشباه العظايات) (Plesiosaurs) (شكل (71)،

2 - الإكصور(العظايا السمكية) (Ichthyosaurs) (شكل 71)،

في العصر الترياسي واستمرت في الكريتاسي. كان البيصور زاحفاً مائياً يزيد طوله على (15م) . وله زعانف مجدافية الشكل. والإكصور زاحف مائي أيضاً ذو جسم بأشكال مشابهة لأشكال سمك القرش بأعناق قصيرة وزعانف ظهرية ضخمة وأذناب من نمط قرشي.

ظهر في نهاية الترياسي العديد من الزواحف الجديدة وأنسالها، فالسلاحف ظهرت منذ حوالى (210) ملايين سنة واستمر منها حتى الآن سلاحف بحرية وأرضية مع تعديل طفيف في الهيكل العظمي. أما



(الشكل71)
البيصور والاكصور
في متحف شتوتغرت الألماني

اللبونات الأولى التي ظهرت في الترياسي فكانت آكلة حشرات صغيرة انبثقت من وحشيات الوجه (ثيرابسيد) شبه اللبونة، ثم تشعبت إلى تشكيلة من آكلة الحشرات الليلية الصغيرة على الغالب خلال المتبقي من الحقب المتوسط، بالإضافة إلى ظهور لبونات جرابية ولبونات مشيمية في فترة الكريتاسي. وظهرت العظايات الطائرة الأولى وعانت تشعبات هامة أثناء الحقب المتوسط (شكل 72).



(الشكل72)
العظائي الطائر
(pterosaur)

وقد أنتجت هذه المجموعة بعض الأشكال المثيرة للعجب ومن أكثرها جدارة بالملاحظة حيواني النمط (Quetzalcoatlus) الذي عرف في أحافير الكريتاسي في تكساس وكان له امتداد جناحي يصل إلى 15م.

الجوراسي والكريتاسي

ظهرت في الجوراسي والكريتاسي مجموعات أخرى هامة مثل التمساحيات والعظايات والحيات والطيور. وتشعبت الدينوصورات بشكل مدهش «لترث الأرض». نشأت التمساحيات في الجوراسي الباكر ربما لسلف من مغروزات الأسنان (ثيكودونت). وظهرت

الحيات والعظايات في نهاية الجوراسي وبداية الكريتاسي وكثير منها عثر عليه في أحافير الحقب المتوسط، وهي تشبه أنسالها الحالية. وقد دخلت مجموعة عظايات النهر (Mosasaurs) (وهي إحدى مجموعات العظايات) البحار كضوار ضخمة شرهة أثناء أواخر الكريتاسي وبلغ طولها أكثر من (10م) ولم تستمر إلى الوقت الحالي، (شكل 73).



(الشكل73)
عظائي النهر
(موزاسور)

ظهرت الطيور مع الجوراسي المتأخر ويظن أنها تطورت إما مباشرة من أحد الدينوصورات المتخصصة وإما من مغروز أسنان على شيء من التخصص. لقد عثر على أحفورة ممتازة، تبيّنت معالم الريش فيها، حفظت منذ الجوراسي وسميت المجنح الأثري أو المجنح القديم (Archaeopteryx)، وهو الطائر الأقدم المعروف الذي عاش منذ حوالى (150) مليون سنة. كان بحجم الغراب تقريباً وله أجنحة ضعيفة على الأرجح، على الرغم من اعتباره طيراً بشهادة الريش، لكنه يتمتع بمظاهر زاحفية أيضاً كوجود الأسنان في الفم وذنب عظمي طويل (شكل 74).



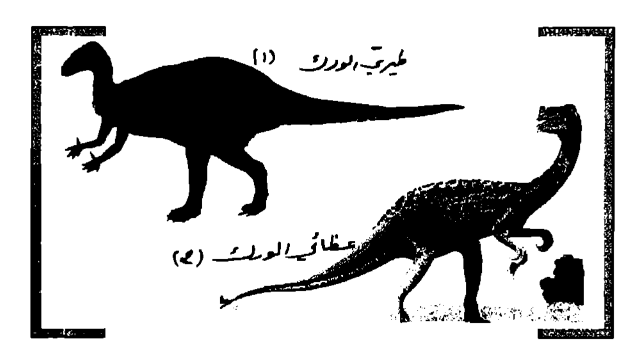
(الشكل74)
الطائر القديم
(أركيوبتيركس)

وجدت أحافير جيدة الحفظ للطيور ضمن توضعات الكريتاسي في الصين، وهي توثّق لتشكيلة ابتدائية جداً من الطيور التي تحتفظ بالعديد من المظاهر الزاحفية، ومع ذلك كانت قادرة على الطيران بشكل واضح.

عانت الدينوصورات تشعباً واضحاً خلال الجوراسي والكريتاسي وكانت منها مجموعتان رئيستان:

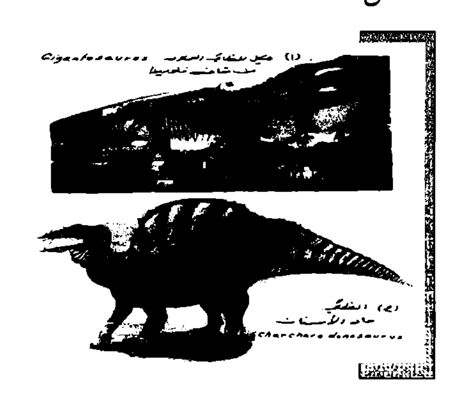
1. عظائيات الورك (Saurischians) وهي ذات عظام حوضية مشابهة لعظام حوض العظايا.

2. طيريات الورك (Ornithischians)، ولها عظام حوض مشابهة لعظام حوض الطيور (شكل 75).



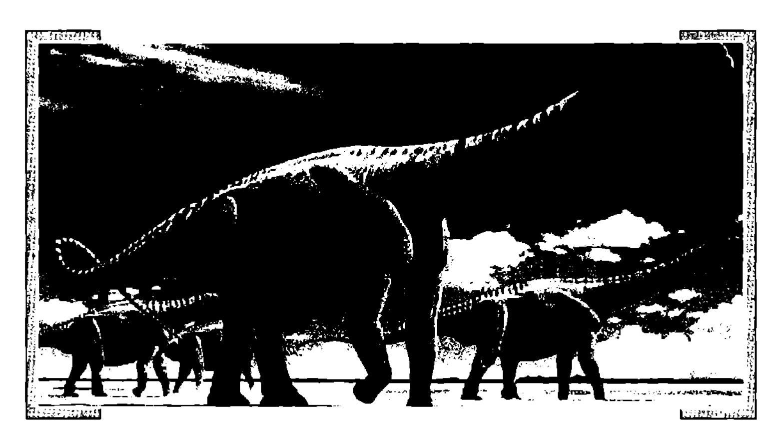
(الشكل75) طيري الورك وعظائي الورك

كانت بعض عظائيات الورك ثنائيات أرجل سريعة الجري، تتدرج في قدها من حجم الكلب إلى أقصى ممثليها الضواري العملاقة في فترة الكريتاسي مثل العظائي المستبد (Tyrannosaurus) والعظائي حاد الأسنان (Carcharodontosauros) والعظائي العملاق (Gigantosaurus)، (شكل 76).



(الشكل76)
العظائي العملاق
والعظائي حاد الأسنان

وبعض مغروزات الأسنان كانت دينوصورات ضخمة رباعية الأرجل، وقسم منها كان الحيوانات الأرضية العاشبة الأضخم بين سائر الحيوانات مثل العظائي الأرجنتيني حيث بلغ طوله (30م) ووزنه (72 – 90) طناً، (شكل 77).



(الشكل77) العظائي الأرجنتيني

الـزمـرة الأخـــرى مـن الـديـنـوصـورات طيريات الـورك (Ornithisch-ians) جميعها كانت عاشبة، منها ثنائي أرجل وأغلبها رباعي أرجل. بعضها كان محروماً من الأسنان الأمامية وله مناقير صلبة متينة شبيهة بمناقير الطيور. وفي بعض الأنواع كانت عريضة وشبيهة بمناقير البط، ومن هنا شاع اسم الدينوصور بطي المنقار (Duck-Billed Dinosaurs) (شكل 78).



(الشكل78)
الدينوصور بطي المنقار

والبعض الآخر من طيريات الورك كان له صفائح سلاحية ضخمة، ربما كانت للوقاية من الضواري عظائيات الورك مثل العظائي المعقوف (Ankylosaurus)، (شكل 79).



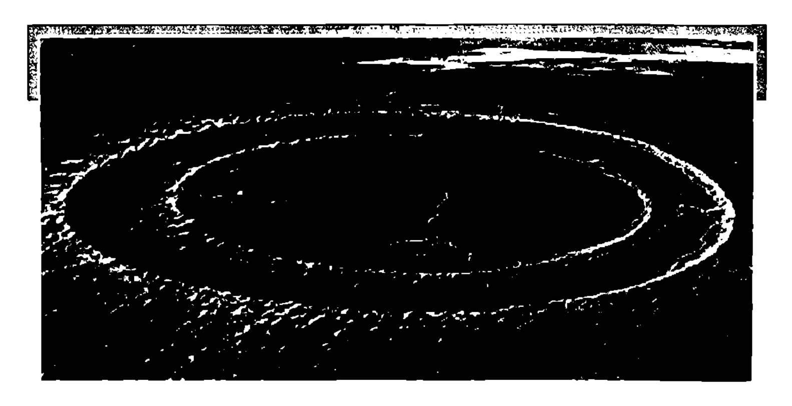
(الشكل79) العظائي المعقوف

أفكار عديدة تقليدية تم تداولها عن الدينوصورات من أنها ذوات دم بارد (خارجية الإحرار)، وهي مسوخ بطيئة الحركة تعيش في المستنقعات. وقد أعيد لها اعتبارها خلال العشرين سنة الأخيرة. والأدلة الحديثة تدعو إلى الاقتراح بأن بعض الدينوصورات أقله، كانت دافئة الدم (داخلية الإحرار)، رشيقة، قادرة على التنقل بسرعة فائقة. ويبدو أن العديد منها كان له سلوك اجتماعي معقد، مثل

الطقوس التوددية بين الجنسين والرعاية الأبوية لصغارها وبعض الأنواع عاش على شكل مجموعات تجمهرية وكان يتصيد جماعياً.

في نهاية الكريتاسي، منذ 65 مليون سنة، انقرضت الدينوصورات والعظايات المجنحة (بتروصورات) وعديد من الحيوانات الأخرى. وهلكت أيضاً أغلبية عريانات البذور باستثناء الصنوبريات (المخروطيات).

عرضت جملة من التفسيرات لهذه الكتلة الهائلة من الانقراضات. وثمة قدر متزايد من الأدلة العلمية التي تقترح حدوث اصطدام هائل مدمر لجسم فضائي ضخم بالأرض. تسبب بتبدلات مناخية دراماتيكية أدت إلى زوال الدينوصورات ومتعضيات أخرى. ومن هذه الأدلـة وجود أشرطة دكناء من الغضار مع تركيز عال للإيريديوم بين أراضي الحقب المتوسط والحقب الحديث في أكثر من (200) موقع من الأرض، فالإيريديوم نادر الوجود في الأرض ولكنه غزير في النيازك، ما دعا العديد للاستنتاج بأن جسماً صدم الأرض من الخارج في ذلك الوقت (إن قوة الصدمة دفعت الإيريديوم إلى الجو ليتوضع فيما بعد على الأرض بعملية الترسب)، وإن حفرة شيكسولب (Chicxulub crater) في شبه جزيرة مكسيكو هي الموقع الظاهر من الاصطدام في الفترة القريبة من الكريتاسي، ويبلغ قطر فوهتها (180) كم (شكل 80).



(الشكل80) حفرة شيكسولب

نتج من الصدمة سونامة (أمواج من المد والجزر) هائلة تسببت بتوضع مواد الجسم الفضائي في محيط خليج مكسيكو من آلاباما إلى غواتيمالا. وربما تسببت بحرائق عالمية واسعة للغابات وسحب عملاقة من الغبار أدت إلى انخفاض درجة الحرارة بحجبها أشعة الشمس عدة سنوات. وعلى الرغم من القبول الواسع لفكرة الاصطدام بجسم ضخم من خارج الأرض منذ 65 مليون سنة، فليس ثمة من إجماع حول أثر هذه الصدمة في المتعضيات. إن انقراض العديد من المتعضيات البحرية أثناء الصدمة أو مباشرة بعدها، كان على الغالب نتيجة الاضطراب البيئي الناجم عن الاصطدام، لكن عدداً من أنواع المحار الذي أصيب بانقراض ضخم في نهاية الكريتاسي وقبل حدوث الصدمة، يدعو إلى الافتراض بأن بعضاً من الانقراضات الكبرى التي حدثت آنئذ يعود إلى عوامل أخرى.

د - الحقب الحديث

يدعِي الحقب الحديث بحق، عصر الحيوانات اللبونة أو عصر الطيور أو عصر الحشرات أو عصر النباتات الزهرية، فقد تميز بظهور كل هذه الأشكال بتشكيلات واسعة وعدد كبير من الأنواع. يمتد هذا الحقب منذ (65) مليون سنة حتى الوقت الحاضر ويقسم إلى عصرين: العصر الثلاثي ودام 63 مليون سنة والعصر الرباعي واستغرق المليونين الباقيين.

يقسم العصر الثلاثي إلى خمس أحقاب هي الباليوسين والإيوسين والأوليغوسين والميوسين والبليوسين.

ويقسم العصر الرباعي إلى حقبتين البلستوسين والهولوسين

حدث إشعاع انفجاري للبونات الابتدائية أثناء الباليوسين وأغلبها كانت حيوانات صغيرة تقطن الغابات. وهي ليست على صلة قريبة من اللبونات الحديثة. كما حدث إشعاع انفجاري آخر للبونات في الإيوسين، فكل الرتب الحديثة بدأ ظهورها وتشعبها وكان معظمها صغيراً أيضاً، مع وجود بعض الزمر العاشبة الأكبر حجماً مثل الوحوش البرية (Titanotheres) التي استمرت في التضخم أثناء الإيوسين، (شكل 81).



(الشكل81) الوحوش البرية (تيتانوثير)

في الأوليغوسين ظهرت أغلب الفصائل الحديثة من اللبونات من بينها أوائل القردة التي عثر على أحافيرها في أفريقيا. وأبدى عدد من سلالاتها تخصصات تفترض وجود مزيد من البيئات المفتوحة كالمروج والسافانا، إذ إن العديد من الحيوانات كان:

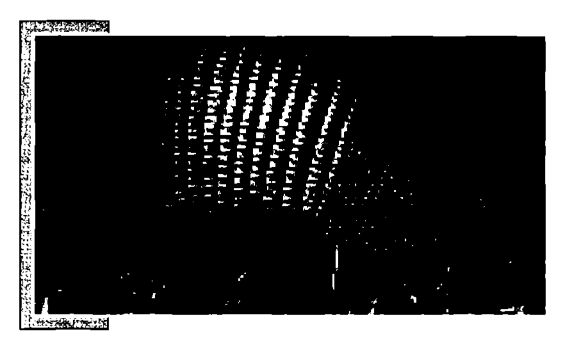
أ - كبير الحجم طويل الساق تكيفاً مع الجري.

ب - له أسنان متخصصة لمضغ النباتات القاسية أو افتراس الحيوانات.

ج - له حجم نسبي كبير للدماغ.

وقد استمرت هذه التخصصات في الميوسين والبليوسين. وثمة تنوع خاص حدث في هذين العصرين وهو يتعلق باللبونات الحافرية كالخيول التي عانت تكيفاً إشعاعياً يشمل العَلْق (Browsing) (أكل نهايات الأغصان) ورعي الأعشاب (Grazing)، كما تخصصت للجري مسافات طويلة للحاق بفرائسها. وقد وجدت أحافير لأجداد

الإنسان في البليوسين منذ حوالى (4.4) ملايين سنة في أفريقيا. أما جنس الإنسان (Homo) فقد ظهر منذ (2.3) مليون سنة تقريباً. وشهد البليوسين والبلستوسين لبونات ضخمة في كل من أميركا الشمالية وأميركا الجنوبية من بينها حلميات الأسنان (Mastodons) (الأسنان كحلمات الأثدية) والهر نصلي الأسنان (Saber-toothed cat) والجمل والكسلان الأرضي (Sloth). والمدرع العملاق (Armadillo)، (شكل 82). وأنواع عديدة أخرى، غير أن العديد من اللبونات الضخمة



(الشكل82)
المدرّع العملاق
(الآرمديللو)

انقرض في نهاية البلستوسين، ربما بسبب تغيرات المناخ (شهد البلستوسين جملة من العصور الجليدية) أو بتأثير الإنسان الذي انتشر من أفريقيا إلى أوروبا وآسيا وأخيراً، إلى الأميركيتين الشمالية والجنوبية بعبوره جسراً أرضياً بين سيبيريا وآلاسكا. وهنالك أدلة أحفورية قوية على أن هذا الانقراض الكبير كان بسبب ظهور الصيادين البشر الذين امتلكوا تقنية صناعة الحراب المؤنفة. كما حدث إشعاع انفجار للطيور في الإيوسين.

2 – تطور الرئيسات (Primates)

بعد أن كتب داروين كتاب «أصل الأنواع» بالاصطفاء الطبيعي باثنتي عشرة سنة، نشر كتاباً آخر «نسب الإنسان» يشرح تطور الإنسان وفيه افترض أن للبشر وللقردة سلفاً مشتركاً واحداً. وبعد قرن واحد تقريباً، بقيت الأدلة الأحفورية لسلسلة نسب الإنسان غير كاملة. ولكن الأبحاث، على مدى العقود القليلة الأخيرة في أفريقيا على الخصوص، كشفت عن أحافير زودتنا بصورة متزايدة بجواب واضح عن السؤال: «من أين أتينا؟». إذ سمحت لعلماء أحافير الإنسان (Paleoanthropologists) وهم الذين يدرسون تطور الإنسان، بالاستدلال، ليس على بنية الإنسان الباكر وحسب وإنما على عاداته أيضاً.

إن البشر والرئيسات الأخرى كالليموريات (Lemurs) والترسيات (Tarsiers) والقردة (Apes) والسعادين (Monkeys) هي لبونات، أعضاء في صف الثدييات (اللبونيات Mammalia) وهي حيوانات داخلية الإحرار (Endothermic) (تستخدم طاقة استقلابية للمحافظة على درجة حرارة ثابتة) تغطي الأشعار أجسامها لتأمين وظائف مختلفة كالعزل والوقاية اللونية وصد الماء. وهي ترضع اللبن لصغارها من غدد ثديية. وأغلبها ولود (Viviparous) أي إن بيوضها تتحول إلى أفراد صغيرة داخل جسم الأنثى.

يظن حالياً أن المجموعات الثلاث من اللبونات وهي:

1 – أحاديات الثقب (المسلك).

2 – (Monotremes) – الجرابيات.

3 – (Marsupials).

4 – المشيميات (Placentals).

جميعها اشتقت من السلالة نفسها. وحيدات المسلك هي لبونات تضع البيوض (بيوضة) مثل آكل النمل. والجرابيات تحمل صغارها قبل اكتمال نموها في جيب أو جراب بطني بعد ولادتها مثل الكنغر والأوبوسوم. أما المشيميات وهي الزمرة الأضخم والأكثر نجاحاً فتمتلك عضواً يسمى المشيمة، يقوم بتبادل المواد بين الأم والجنين الذي ينمو في الرحم، وتلد المشيميات صغارها كاملة النمو.

نشأت اللبونات من زواحف شبه لبونة عرفت بالثيرابسيدات منذ أكثر من 200 مليون سنة، خلال الحقب المتوسط. وهذه اللبونات الباكرة بقيت مكوناً صغيراً للحياة على الأرض مدة (150) مليون سنة تقريباً قبل أن تتشعب بسرعة خلال الحقب الحديث (في الـ 65 مليون سنة الأخيرة).

تطور الرئيسات الباكرة

تشير الأدلة بأن الرئيسات الحقيقية الأولى ظهرت في بداية الإيوسين منذ حوالى (55) مليون سنة. وكان لهذه الرئيسات الباكرة أصابع مجهزة بأظافر وأعين مصوبة نوعاً ما إلى الأمام. كان المناخ معتدلاً آنئذ، فتوزعت الرئيسات الباكرة بصورة واسعة في كثير من

أراضي أميركا الشمالية وأوروبا وآسيا، أميركا الشمالية متصلة بأوروبا في ذلك الوقت)، وعندما أصبح المناخ أكثر برودة وجفافاً في نهاية الإيوسين، انقرض العديد من هذه الرئيسات الباكرة.

تطورت تكيفات عديدة جديدة لدى الرئيسات الباكرة، سمحت لها بالعيش على الأشجار. ومن أكثر المظاهر المثيرة للاهتمام للرئيسات أن لأيديها خمس أصابع قابضة، أربع أصابع تتقابل مع الإصبع الخامسة (الإبهام). وهذا مكّن الرئيسات من القبض على الأشياء كالأغصان مثلاً. والأظافر (بدلاً من المخالب) أمنت غطاء واقياً لنهايات الأصابع، كما أن النهايات الباطنية للأصابع لينة حساسة للمس. وثمة مظهر آخر للحياة على الأشجار وهو وجود الأطراف الطويلة والنحيلة القادرة على الدوران حول الورك والأكتاف بحرّية، ما يمنح الرئيسات حركية تامة للتسلق والبحث عن الغذاء في قمم الأشجار. وإن موقع الأعين في مقدمة الرأس أمن الرؤية المجسمة (ثلاثية الأبعاد) التي هي ضرورية للحيوانات الشجرية وعلى الخصوص تلك التي تقفز من غصن إلى آخر، لأن أي خطأ في إدراك العمق قد يتسبب بسقوط قاتل. تمتعت الرئيسات أيضاً، بدقة السمع إضافة إلى حدة الإبصار، وبخصائص أخرى عديدة من بينها حجم الدماغ الكبير نسبياً. ويظن أن تزايد المداخل الحسية مصحوبة بحدة الرؤية والرشاقة الكبيرة في الحركة رجحت التطور نحو أدمغة أكبر. كما أن للرئيسات سلوكاً اجتماعياً معقداً، فالحمل لدى الأنثى يقتصر على جنين واحد عادة في الوقت نفسه، والطفل يحتاج إلى مدة طويلة من العناية والوقاية والتربية.

رتبة الرئيسات

تقسم رتبة الرئيسات إلى رتبتين، (شكل 83).



(الشكل83) رئيسات ابتدائية

الأولى الرئيسات الابتدائية

تتضمن:

1 - الليموريات (Lemurs).

2 - الغلغوسيات.

3 - اللورسيات (Lorises).

1 - الليموريات

ينحصر وجود جميع الليموريات في جزيرة مدغشقر المقابلة للشاطئ الأفريقي الشرقي. وهي معرضة للخطر الشديد بسبب التدمير الكبير لمواطنها، واصطيادها.

2 - الغلغوسيات واللورسيات

توجد اللورسيات في المناطق المدارية من آسيا الجنوبية وأفريقيا

وهي تشبه الليموريات في عدة اعتبارات كما هي الحال فيما يتعلق بالغلغوسيات:

احتفظت الليموريات والغلغوسيات واللورسيات بمظاهر لبونية ابتدائية كالأوجه المتطاولة والمؤنفة والعيون الأكثر جانبيّة.

الثانية الرئيسات العليا

وتتضمن:

1 – الترسيرات (Tarsiers).

2 – أشباه الإنسان (Anthropoids) وتضم:

أ – السعادين (Monkeys).

ب – القردة (Apes).

ج – أشباه البشر (Hominoids).

1 – الترسيرات

توجد الترسيرات في الغابات المطرية من أندونيسيا والفيليبين وهي رئيسات صغيرة بحجم السنجاب ومتكيفة جداً للتسلق والقفز (شكل 83)، وهذه الرئيسات الليلية تشبه أشباه الإنسان في عدد من الصفات منها الخطم القصير (Snout) والعيون الجاحظة إلى الأمام.

2 – أشباه الإنسان

برزت أشباه الإنسان أثناء الإيوسين المتوسط، أقله منذ (45) مليون سنة. وقد حددت هوية العديد من الأحافير المختلفة لهذه الرئيسات في آسيا وأفريقيا الشمالية، ولا يعرف حتى الآن الصلة بين هذه المجموعات الأحفورية أو بينها وبين أشباه الإنسان الحالية.

وتشير الأدلة على أن أشباه الإنسان نشأت في أفريقيا أو آسيا وانتشرت سريعاً خلال أوروبا وآسيا وأفريقيا ووصلت في النهاية إلى أميركا الجنوبية.

من المحتمل أن أكثر الفروق إثارة للاهتمام بين أشباه الإنسان وبقية الرئيسات هو حجم الدماغ، فالمخ على الخصوص أكثر نمواً، حيث يعمل كمركز للتعلم والحركات الإرادية وتفسير الإحساسات.

أ – السعادين

السعادين على العموم حيوانات نهارية، تنشط في النهار، شجرية المأوى وتميل إلى أكل الثمار والأوراق النباتية والبذور والبراعم والحشرات والعناكب وبيوض الطيور، وحتى الفقاريات الصغيرة لها دور أقل في غذائها.

توجد مجموعتان من السعادين: سعادين العالم القديم في أفريقيا وأوروبا وآسيا. وسعادين العالم الجديد في أميركا الجنوبية وأميركا الوسطى. وقد تطورت هاتان الزمرتان بصورة مستقلة منذ ملايين السنين. وتدل الأحافير أن السعادين عاشت في أميركا الجنوبية منذ (25) مليون سنة. والسؤال الهام حول تطور أشباه الإنسان، هو كيف بلغت السعادين أميركا الجنوبية؟ من المعلوم أن أفريقيا انزاحت عن أميركا الجنوبية وانفصلتا كقارتين مستقلتين. ربما كانت أسلاف سعادين العالم الجديد تنتقل على أطواف خشبية من أفريقيا إلى أميركا الجنوبية أو أنها توزعت من آسيا إلى أميركا الشمالية ثم أميركا الجنوبية.

ينحصر وجود سعادين العالم الجديد في أميركا الوسطى وأميركا الجنوبية، وتضم المرموزة (Marmoset) والسعدان المقلنس (Capuchin) (يكسو رأسه شعر كثيف كالقلنسوة) والسعدان العوّاء (Howler) والسعدان السنجابي والسعدان العنكبوتي. وهذه السعادين شجرية المأوى. (الشكل 84).



المرموزة المقلنس العوّاء

(الشكل 84) سعادين العالم الجديد

البعض منها له أطراف طويلة نحيلة تسمح بسهولة الحركة على الأشجار. ولبعضها الآخر أذناب قادرة على القبض والالتفاف حول الأغصان وتستخدم كطرف خامس.

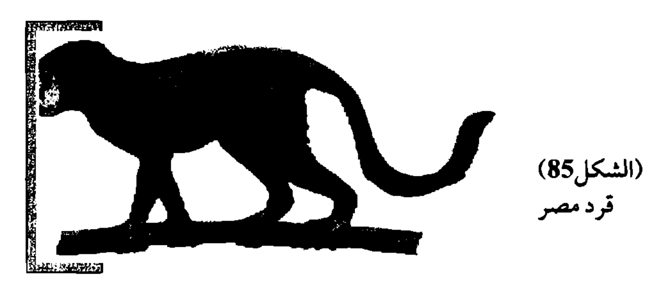
تتوزع سعادين العالم القديم في الأجزاء المدارية من أفريقيا وآسيا وتتضمن الرُبّاح (Baboon) والمكاك (Macaque) والمنغابي واللانغر والكولوبس... وأغلبها شجرية المأوى غير أن الرباح والمكاك يقضيان معظم أوقاتهما على الأرض. أما ساكنو الأرض ذوو الأرجل الأربعة فقد انحدروا من سعادين شجرية.

ليس لأي من سعادين العالم القديم ذيل قابض، ولبعضها ذيل

متناه في القصر، ولها إبهام كامل التقابل ومنخران متقاربان ومتجهان إلى الأسفل خلافاً لسعادين العالم الجديد. وهي حيوانات اجتماعية جداً.

ب - القردة

اكتُشف أحد أشباه الإنسان الأوائل في مصر وسمي قرد مصر (Aegyptopithecus) (شكل - 85).



(الشكل85)
قرد مصر

وهو بقدر الهر يسكن أشجار الغابات ويشبه القردة قليلاً، عاش في الأوليغوسين منذ 35 مليون سنة تقريباً. وفي الميوسين الذي بدأ منذ حوالى 25 مليون سنة تشعبت القردة وسعادين العالم القديم.

ج - أشباه البشر

في الميوسين عاش أكثر من (30) مجموعة من أشباه البشر (Hominoids)، إنما انقرض أغلبها، ولم تكن الأسلاف المشتركة للقرد والإنسان الحاليين. ولأحافير الشمبانزي الغابي المسكن المسمى قرد الشجر (Dryopithecus) (شكل 86) أهميّة خاصة، لأن هذا القرد الشبيه بالإنسان، يمكن أن يكون سلفاً للقردة الحالية ولسلالة الإنسان معاً.



(الشكل86)
قرد الشجر

كانت هذه القردة من سكنة الأشجار ذوات الأذرع الحرة القادرة على التأرجح. وقد توزعت بشكل واسع في أوروبا وآسيا وأفريقيا، وحالما أخذ المناخ بالتبرد والتجفاف تدريجاً قل انتشارها وأصبح محدود النطاق. ليس الدريوبيثيكوس المرشح الوحيد لأسلاف القردة الحديثة والبشر، فثمة أحافير لقردين باكرين هما قرد كينيا (Kenyapithecus) وقرد موريتانيا (Morotopithecus)، (شكل 87).

عثر على هذه الأحافير عام 1996 وهي أول أحافير مكتشفة حتى الآن تعود إلى قرد ذي مخطط جسمي شبيه بمخطط جسم القرد الحديث والإنسان.

وقد أثارت هذه الأحافير الحديثة عدة تساؤلات حول الصلة بين مختلف القردة الأولية، وهل تقود مثل هذه الأحافير وما سيكتشف في المستقبل إلى إعادة ترتيب تسلسل شجرة نسب أسلاف أشباه البشر؟



(الشكل87)
قرد موريتانيا

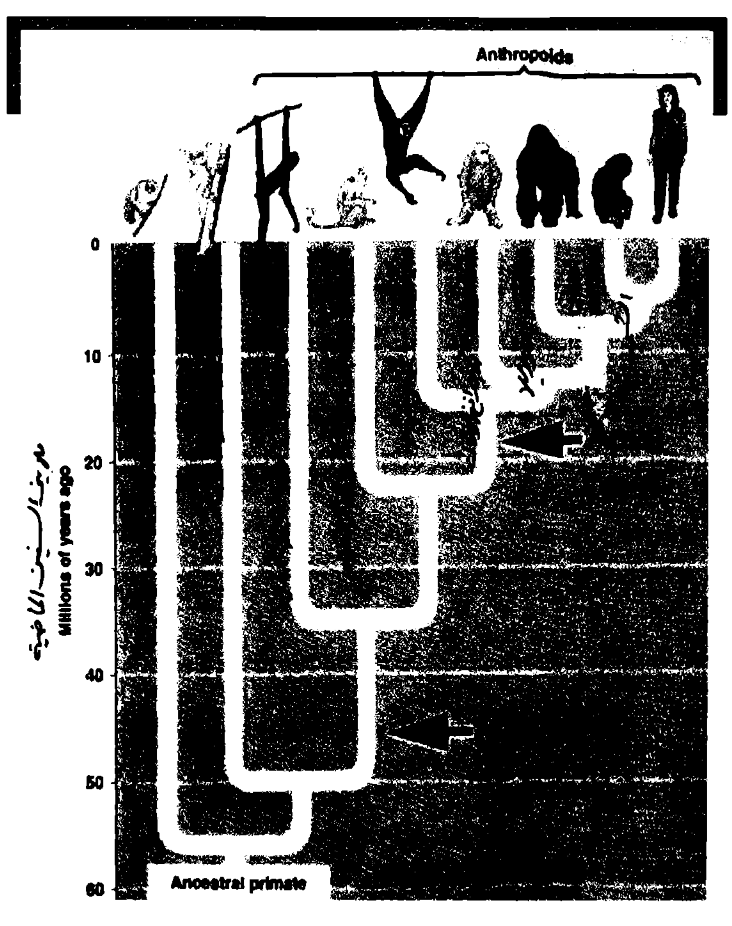
العديد من البيولوجيين يصنفون أشباه البشر في ثلاث فصائل:

1. الجيبون (Gibbons) في فصيلة أولى،
2. الأورانغ أوتان (Orangutans) في فصيلة ثانية،
3. الغوريلا والشمبانزي والإنسان في فصيلة ثالثة.

الجيبون بهلوان طبيعي يمكنه التأرجح والتدلي من الأشجار ممسكاً بذراع واحدة. والأورانغ أوتان يسكن الأشجار أيضاً وينتقل بين الأغصان، لكن الشمبانزي والغوريلا على الخصوص تكيفا للعيش على الأرض. احتفظا بالأذرع الطويلة لكن للمساعدة على المشي كرباعيات أرجل. والقردة كالبشر فقدت الأذيال وهي أضخم عادةً من السعادين والجيبون استثناء ملحوظ.

إن الأدلـة على صلة القرابة بين الغوريلا والأورانـغ أوتان والشمبانزي والبشر متوافرة بغزارة على المستوى الجزيئي، فتتابع الحموض الأمينية في خضاب دم (هيموغلوبين) الشمبانزي مطابق لما هو عليه لدى الإنسان والاختلاف بين الغوريلا والإنسان هو حمضان أمينيان وبين الريزوس والإنسان هو (15) حمضاً، كما أن تحليل DNA يدل على أن الشمبانزي ربما هو الكائن الأقرب إلينا من بين القردة.

إن الأدلة الجزيئية والأحفورية تبين أن الغوريلا ربما انفصل عن سلالتي الشمبانزي وأشباه البشر منذ حوالى (8 – 10) ملايين سنة بينما افترق الشمبانزي عن أشباه البشر منذ (6) ملايين سنة، (الشكل 88).



(الشكل88) أسلاف الرئيسات

3. تطور أشباه البشر

لدى العلماء خزان متنام من مئات الأحافير لأشباه البشر، وهي تمدنا بمعلومة كثيرة الفائدة عن الاتجاهات العامة في تصميم الجسم والمظهر والسلوك لأسلاف الإنسان. فمن الواضح مثلاً، أن أشباه

البشر الأولى تكيفت لوضعية المشية الثنائية (على القدمين) قبل نمو دماغها؛ وعلى الرغم من وفرة الأدلة الأحفورية، فإن شرح خصائص أشباه البشر وتصنيفها وتاريخ تطور سلالاتها يبقى مثاراً للجدل. وإن كل اكتشاف جديد يطرح أسئلة جديدة. وفضلاً عن ذلك، فإن تطور أشباه البشر كغيره من الحقول الأخرى يتأثر بالاعتبارات المختلفة للعاملين على دراسته، وإن النقص في إجماع آراء العلماء فيما يتعلق ببعض مظاهر تطور أشباه البشر هو جزء متوقع للعملية العلمية.

تؤلف التغيرات التطورية من أشباه البشر الأولية إلى الإنسان الحالي دليلاً بالنسبة إلى بعض خصائص الهيكل العظمي والجمجمة، موازنة مع هيكل القردة.

يتمتع هيكل الإنسان باختلافات متميزة تعكس قدرتنا على الوقوف منتصبي القامة والمشي على قدمين، (شكل 89).

كما أنها تعكس تبدل مواطن أشباه البشر الأولية من سكنة الأشجار في الغابات، صرف بعض الوقت على الأرض. وإن منعطفات

(الشكل 89) موازنة بين هياكل القردة وهيكل الإنسان

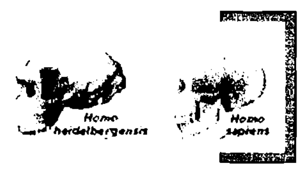


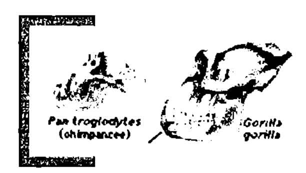
العمود الفقري للإنسان تؤمن توازناً وتوزعاً للوزن ولحركة المشية الثنائية بشكل أفضل. إن حوض الإنسان أقصر وأوسع من حوض القرد، يؤمن ارتباطاً أفضل للعضلات المستعملة في مشي القامة المنتصبة. وإن الثقب الموجود في أسفل الجمجمة لمرور العمود الفقري والمسمى الثقبة الكبرى متوضع في وسط مؤخرة جمجمة القرد، أما عند الإنسان فهو متركز في قاعدة الجمجمة وملائم في توجهه لمشي القامة المنتصبة، وإن الزيادة في طول الساقين نسبة إلى الذراعين وتراصف الإصبع الكبيرة للقدم مع بقية الأصابع، كيفت أشباه البشر للمشية الثنائية. وثمة اتجاه هام آخر في تطور أشباه البشر، كان زيادة حجم الدماغ نسبة إلى حجم الجسم، (شكل90).



(الشكل90)
موازنة
بين دماغ القردة
ودماغ الإنسان

بالإضافة إلى أن جمجمة القرد ذات نتوء عظمي كبير فوق جفن العين خلافاً لما هي الحال عند الإنسان الحديث، (شكل 91).





الإنسان العاقل   الإنسان الهدلبرغي   الغوريلا والشمبانزي

(الشكل91) جماجم الإنسان والقردة

والأوجه البشرية أكثر تسطحاً وتبايناً مما هي عليه عند القردة والفكوك، وترتيب الأسنان في فك القرد مستطيل إلى حد ما بينما هو مستدير أو بشكل حرف U عند الإنسان، وللقردة أسنان أمامية أكبر وعلى الخصوص الأنياب. وللغوريلا والأورانغ أوتان أسنان خلفية أكبر.

4 – نسب أشباه البشر

بدأ تطور أشباه البشر في أفريقيا، وإن أول شبه بشري هو من جنس القرد الأرضي (Ardipithecus) ظهر منذ حوالى (4.4) ملايين سنة، (شكل 92).



(الشكل92)
القرد الأرضي
(Ardipithecus)

وهو الذي أعطى جنس قرد الجنوب (الأوسترالوبيتيكوس) الذي يضم عدة أنواع عاشت بين (4 و2.5) مليون سنة وهذان الجنسان لأشباه البشر الأولى ينتسبان إلى زمرة القرود أشباه البشر الجنوبية ذات الأذرع الأطول والسوق الأقصر والأدمغة الأصغر موازنة مع الإنسان الحديث. وإن العدد الحقيقي لأنواع هذه الزمرة التي عثر على أحافيرها لا يزال قيد المناقشة.

إن أول أحفورة لأشباه البشر الأولى اكتشفت عام 1992 ونسبت إلى ما يسمى أرديبيثيكوس راميدوس وكلمة راميدوس تعني الجذور باللغة الأثيوبية، حيث وجدت الأحفورة؛ وهذا النوع الأكثر ابتدائية من أي شبه بشري معروف، قريب تماماً إلى جذر شجرة نسب الإنسان، أي إلى الجد المشترك الأخير لأشباه البشر ثنائية المشية وللقردة الأفريقية الضخمة رباعية المشية. ونظراً إلى عدم وجود عظام للساق في الاكتشاف الأساسي، فلم يتحدد بعد فيما إذ كان الأرديبيثكوس راميدوس ثنائي المشية، ولعل الاكتشافات المستقبلية ستوضح هذه النقطة الهامة.

الأوسترالويبثيكوس الجد المباشر لجنس الإنسان

تنتسب أشباه البشر التي وجدت بين (3.4 - 9.3) ملايين سنة إلى نوع قرد الجنوب البحيري (Australopithecus anamensis)، (شكل 93)، الذي اكتشف في أفريقيا الشرقية وأعطي هذا الاسم عام 1995، ومن المعقول أن أنواع أشباه البشر انبثقت من الأرديبيثكوس راميدوس.



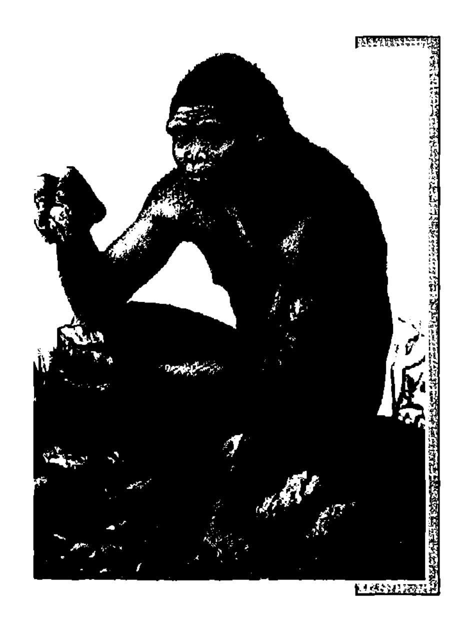
(الشكل93)
قرد الجنوب البحيري

إن فكوك (A. anamensis) مشابهة لفكوك القردة الحالية بينما أسنانها أكثر شبهاً بأشباه البشر المتأخرة. كان طول الذكور حوالى (1.55) م والإناث (1.30) م. ويدل عظم الساق على قامة منتصبة ومشية ثنائية على الرغم من أنه كان يبحث عن الطعام في الأشجار، وهكذا، فإن المشية الثنائية حدثت باكراً في تطور الإنسان وربما كانت التكيف البشري الأول. اكتشف نوع آخر من أشباه البشر الابتدائية (afarensis) وربما اشتق من (A. anamensis). إن العديد من أحافير بقايا هياكل (A. afarensis) اكتشفت في أفريقيا، من بينها هيكل تام لقب بـلوسي (Lucy)، اكتشف في أثيوبيا عام 1974، ولوسي كانت صغيرة بطول (1.04) م وعاشت منذ أكثر من (3.2) ملايين سنة.

الإنسان الماهر (Homo habilis)

إن أول شبه بشري يتمتع بصفات إنسانية تكفي لتعيينه مع الإنسان الحديث في الجنس نفسه هو الإنسان الماهر (H. habilis) (شكل 94)، الذي كان شبه بشري صغير (الذكور بطول (1.32) م والإناث بطول (1.17) م، ودماغ أكبر وأسنان أصغر من الأوسترالوبيتيكوس. ظهر هذا الإنسان منذ (2.3) مليون سنة تقريباً واستمر أكثر من (750) ألف سنة، ووجدت أحافير له في عدة مناطق أفريقية واحتوت هذه المواقع على أدوات ابتدائية كالحجارة التي نحتت وطرقت لتصبح حادة الحواف تفيد في القطع والسلخ.

إن الصلة بين الإنسان الماهر والأوسترالوبيتيكوس غير واضحة، وإن اعتبار الخصائص الفيزيائية لهياكلها المتحجرة كأدلة، يقود إلى الظن بأن الأوسترالوبيتيكوس كان السلف للإنسان الماهر، وأن اكتشاف أحافير جديدة قد يساعد على إيضاح هذه الصلة.



(الشكل94)
الإنسان الماهر

الإنسان المنتصب (H. erectus)

وجدت عدة أحافير للإنسان المنتصب (شكل 95) (Homo erectus) في أفريقيا وآسيا، ويظن أنه نشأ في أفريقيا منذ حوالى مليوني سنة، ثم انتشر بسرعة إلى أوروبا وآسيا، وإن أول أحفورة وجدت له في جنوب شرقي آسيا يحتمل أن يكون عمرها حوالى (1.8) مليون سنة. وفي آسيا اكتشفت أحافير لإنسان بيكين وإنسان جافا، وكانت أمثلة متأخرة للإنسان المنتصب الذي وجد حتى تاريخ يعود إلى (200) مليون سنة وربما استمرت بعض جماعات الإنسان المنتصب إلى فترة أكثر حداثة تعود إلى (27000 – 53000) عام.

كان الإنسان المنتصب أطول من الإنسان الماهر، فطول الذكور (1.78) م والإناث (1.60) م وإن دماغه الذي كان أكبر من دماغ



(الشكل95)
الإنسان المنتصب

الإنسان الماهر، أخذ في النمو التدريجي خلال مجرى وجوده. ومع أن الجمجمة كانت أكبر لكنها لم تتمتع كلياً بالمظاهر الحديثة، حيث احتفظت بالنتوء الكثيف فوق جوف العين، وبالوجه البارز الأكثر شبهاً بأجداده القردة، (شكل 96).



**(الشكل 96)
جمجمة الإنسان
المنتصب**

إن تزايد القدرات الذهنية المرافقة للتزايد في حجم الدماغ مكنت هذا الإنسان الباكر من صنع أدوات حجرية أفضل سميت الأدوات الأشيلية (Acheulean tools) (نسبة إلى (Saint Acheul) حيث وجدت أول مرة سنة 1859)، مثل الفؤوس اليدوية وأدوات أخرى كالسواطير والحفارات والمكاشط. كما أن ذكاءه أمن له العيش في المناطق الباردة وتحصيل غذائه بالصيد أو باقتيات الرمم، وربما كان يلبس الثياب ويشعل النار ويعيش في الكهوف والملاجئ، ولم يعثر حتى الآن على أسلحة في أماكن وجوده.

إن الأفكار فيما يتعلق بالإنسان المنتصب كغيرها من المظاهر الأخرى لتطور الإنسان، تتبدل مع كل اكتشاف أحفوري جديد. والعديد من العلماء الآن يفترض أن الأحافير المصنفة للإنسان المنتصب تمثل في الحقيقة نوعين اثنين لا نوعاً واحداً:

1 - الإنسان العامل (H. ergaster) وهو نوع إفريقي باكر.

2 - الإنسان المنتصب.

(H. erectus) وهو فرع من سلالة شرق آسيوية متأخرة. والذين يؤيدون هذا الرأي يعتقدون أن الإنسان العامل يمكن أن يكون الجد المباشر للإنسان المتأخر (من الناحية الزمنية). بينما الإنسان المنتصب ربما هو نهاية تطورية منطفئة، ويؤمل أن تساعد الاكتشافات الأحفورية الحديثة على إيضاح حالة الإنسان المنتصب.

5. الإنسان العاقل (H. sapiens)

عبارة عن سلالات مختلفة للإنسان المنتصب أو الإنسان العامل، (شكل 97).



(الشكل97)
الإنسان العاقل

عاشت منذ حوالى (100-890) ألف سنة في أفريقيا وآسيا وأوروبا، بلغ طول الذكور (1.75) م وطول الإناث (1.73) م ويصنف بعض الباحثين الإنسان العاقل القديم كنوع مستقل من الإنسان الهدلبرغي (H. heidelbergensis).

الإنسان النياندرتالي

اكتشف لأول مرة في وادي نياندرتال الألماني وعاش في أوروبا وآسيا الغربية منذ حوالى 230 ألف سنة، وكان لهذا الإنسان الباكر بنية قصيرة متينة. الذكور بطول (1.65) م ووزن 84 كغ والإناث بطول (1.55) م ووزن 79 كغ. الوجه بارز قليلاً والذقن والجبهة متراجعتان، وكان لهما حواف حاجبية وعظام فكية كثيفة. أما الدماغ والأسنان الأمامية فكانت أكبر منها لدى الإنسان الحديث، (شكل 98). واحتوت الجيوب الأنفية نتوءاً عظمياً مثلث الشكل لا نجده عند الإنسان الحالي، وقد اقترح العلماء أن هذا النتوء يزود مناطق أوسع سطحاً في جيوب الأنف تمكنه من تدفئة الهواء البارد بشكل أفضل، في عصر الجليد الأوراسي، أثناء مرور الهواء من الرأس إلى الرئتين.



(الشكل98)
الإنسان النياندرتالي

لم يصل العلماء إلى إجماع الآراء فيما إذا كان الإنسان النياندرتالي نوعاً مستقلاً من الإنسان الحديث، والعديد منهم يظن أن الاختلافات التشريحية بينهما تكفي للاعتبار بأنهما كانا نوعين مستقلين:

النوع الأول هو الإنسان النياندرتالي (Homo neanderthalensis).

والنوع الثاني هو الإنسان العاقل (Homo sapiens).

أما علماء آخرون فلا يوافقون ويعتقدون أن الإنسان النياندرتالي كان سلالة من الإنسان العاقل.

تتضمن أدوات الإنسان النياندرتالي أقدم الحراب المؤنفة المعروفة التي دعيت الأدوات الموستيرية (Mousterian tools)، وهي أكثر إتقاناً من أدوات الإنسان المنتصب. وتشير الدراسات لمواقع النياندرتالي بأنه كان يتصيد الحيوانات الضخمة، وإن وجود الهياكل العظمية للمسنين الذين تمت مداواتهم يشير إلى عنايتهم بالمعمرين والمرضى وإلى تعاون اجتماعي متقدم. ومن الواضح أنهم مارسوا طقوساً قد تكون ذات مغزى ديني، إذ إنهم كانوا يدفنون موتاهم. وإن وجود الطعام والأسلحة والأزهار في بعض قبورهم يفترض أنهم آمنوا بالمفهوم المجرد لما بعد الحياة.

إن اختفاء الإنسان النياندرتالي منذ (30000) سنة تقريباً سر يكتنفه الغموض والجدل بين علماء الأحافير. لقد رافق الإنسان النياندرتالي وجود مجموعة أخرى من الإنسان العاقل بأشكال أكثر حداثة، ومن المحتمل أن يكون الإنسان النياندرتالي قد تزاوج مع هؤلاء البشر

فتلاشت معالمه إلى حد كبير، لكن تحليل DNA الكوندريات الذي استخرج من عظم إنسان نياندرتالي عام 1997، بيّن أن هذا الإنسان نهاية تطورية ميتة، لم تتزاوج مع بشر أكثر حداثة. وربما تنافست مجموعات بشرية أخرى معه وقضت عليه.

أصل الإنسان العاقل

وجد الإنسان العاقل بملامحه التشريحية الحديثة في أفريقيا، أقله منذ (100) ألف سنة. خلت جمجمته من الحافة الحاجبية الكثيفة والذقن كانت متميزة. ويمثل ثقافة هذه الفئة من البشر الإنسان الكروماني (Cro-Magnon) الذي وجد في فرنسا وإسبانيا منذ حوالى (30) ألف سنة. وكانت أسلحته وأدواته معقدة ومصنوعة على الغالب من مواد غير الحجارة، كالعظم والعاج والخشب. وقد صنع نصالاً صوانية حادة قاطعة إلى حد بعيد. نمت عند هذا الإنسان الملكات الفنية، فترك رسوماً ونحوتات ونقوشاً على جدران الكهوف (شكل 99)، ربما لأغراض طقسية. وإن أدواته وفنونه المتقنة تشير إلى أنه كان يتواصل بلغة استخدمت لنقل ثقافة إلى الأجيال الأحدث.



(الشكل99)
نقوش صنعها الإنسان الكروماني

يوجد في الوقت الحاضر فرضيتان حول هذا الإنسان الحديث:

الفرضية الأولى ترى أنه نشأ في أفريقيا ثم هاجر إلى أوروبا وآسيا وحلّ محل الشعوب الأكثر بدائية التي كانت تعيش هناك.

والفرضية الثانية ترى أن الإنسان الحديث نشأ من الإنسان المنتصب كجماعات تطورية مستقلة وعاشت في عدة أجزاء من أفريقيا وآسيا وأوروبا. وكل جماعة منها تطورت وفق طريقتها المتميزة ولكنها التقت مصادفة جماعات أخرى وتزاوجت معها، فحال ذلك دون حصول الانعزال التكاثري التام.

إن معطيات أحافير الإنسان والبيولوجيا الجزيئية وعلم وراثة الجماعات للإنسان الحديث دعمت كلا الفرضيتين ولكل منهما مدافعون أقوياء.

6. الإنسان يمارس التطور الثقافي

لا يختلف الإنسان من الناحية الوراثية كثيراً عن بقية الرئيسات، فعلى مستوى DNA نحن مطابقون للغوريلا بنسبة 98% وللشمبانزي بنسبة 99% لكن هذا الاختلاف الوراثي القليل نسبياً تنجم عنه مظاهر هامة متميزة كالذكاء الأعظم والقدرة على استغلال ذلك من خلال التطور الثقافي، الذي هو انتقال المعرفة من جيل إلى آخر، والتطور الثقافي عملية دينامية مرنة يتعدل إثر الحصول على معرفة جديدة. وهو يقسم عموماً إلى ثلاث مراحل:

1 – نشوء مجتمعات الصيد والجمع.

2 – نشوء الزراعة.

3 – الثورة الصناعية.

الصيد والجمع

كان الإنسان الأول صياداً وجامعاً لما يحتاج إليه مما كان متوافراً في بيئته المباشرة، رحالاً يهيم على وجهه كلما استُنفدت مصادر رزقه في منطقة معينة أو كلما زادت الجماعة على حد معين، هاجر إلى مناطق مختلفة.

وهذه الجماعات تطلبت تقاسماً للعمل وقـدرة على صنع الأدوات والأسلحة التي لم تكن تقتل الفرائس فقط، وإنما أيضاً لنحت المخابئ وقلع الجذور والدرنات وطهو الطعام. ومع أننا لسنا متأكدين متى لجأ المجتمع البشري إلى الصيد، إلا أننا نعرف أن الصيد كان هاماً منذ (150) ألف سنة تقريباً، ربما بسبب تناقص وفرة الحيوانات الكبيرة الناجم عن الصيد الجائر.

يوجد حتى الآن عدد قليل من مجتمعات الصيد والجمع منعزلة في أنحاء متفرقة من العالم.

الزراعة

الأدلة متوافرة على أن الإنسان بدأ بزرع المحاصيل منذ (10) آلاف سنة تقريباً. والشاهد وجود الأدوات الزراعية والمواد النباتية في بعض المواقع الأثرية. ولا شك أن الزراعة التي تضمنت الحفاظ على

الحيوانات بالإضافة إلى النباتات المزروعة، تسببت بتوافر مؤونة من الطعام أكثر دعماً. وتقترح الأدلة الأثرية الحديثة بأن الزراعة نهضت على خطوات بالرغم من وجود كثير من الاختلافات من موقع إلى آخر، حصلت زراعة النباتات المرافقة للصيد أولاً، على الغالب، أما تدجين الحيوانات فأتى لاحقاً. والزراعة بدورها غالباً ما قادت إلى إقامة دائمة لأن العناية بالمحاصيل تحتاج إلى البقاء مدة أطول في منطقة واحدة. وقد أقيمت القرى والمدن حول الأراضي الزراعية. ولكن الصلة بين الزراعة وتأسيس القرى والبلدات، صلة معقدة بحسب الاكتشافات الحديثة. فقرية أبو هريرة مثلاً، وهي أقدم قرية مكتشفة حتى الآن في وادي الفرات في سورية دامت منذ 7500 إلى 11500 سنة خلت، ثم هُجرت كما يدل عل ذلك التأريخ بالكربون المشع. وقد عاش سكان هذه القرية عليى الحياة النباتية الغنية في المنطقة وقطعان الغزلان المهاجرة، ولكن عندما تحول الناس إلى الزراعة، نادراً ما كانوا يعودون إلى الصيد والجمع لتأمين الغذاء.

تشير الأدلة الأثرية أن الزراعة نشأت بصورة مستقلة في عدة مناطق مختلفة، وكان هنالك ثلاثة مراكز زراعية رئيسة وعدة مراكز صغيرة. يرافق كلاً من المراكز الرئيسة زراعة محاصيل الحبوب بالإضافة إلى نباتات غذائية أخرى. أما الحبوب فهي القمح والذرة والأرز.

لقد زرع القمح في المناطق نصف الجرداء على طول الحدود الشرقية للبحر الأبيض المتوسط، أما المحاصيل الأخرى التي نشأت هناك فهي البسلى (البازلاء) والعدس والعنب والزيتون والكوسا

والفلفل والفاصولياء والبطاطا. كانت أميركا الجنوبية والوسطى مركز زراعة الذرة وثمة أدلة على وجود زراعة باكرة للأرز ومحاصيل أخرى كالصويا في الصين الجنوبية.

هنالك تقدمات أخرى في الزراعة، منها تدجين الحيوانات التي استغلّت للتزود بالطعام والحليب والجلود الخام. استخدمت الحيوانات في العالم القديم في إعداد الحقول للزراعة. وتقدم آخر في الزراعة هو ري الأراضي الذي بدأ منذ أكثر من 5000 سنة في مصر.

استغرق إنتاج الطعام من الوقت، عن طريق الزراعة، اكثر من الصيد وجمع الغذاء المتوافر، ولكنه كان أكثر إنتاجاً، إذ على كل فرد في مجتمعات الصيد والجمع أن يشارك في مسؤولية الحصول على الغذاء، أما في المجتمعات الزراعية فإن عدداً قليلاً من الناس يلزم لتأمين الغذاء لكل شخص. وهكذا عملت الزراعة على تحرير بعض الأفراد لممارسة مصالح أخرى كالدين والفن والحرف الأخرى.

أثر التطور الثقافي في الكرة الحية - الثورة الصناعية

للتطور الثقافي أثر بالغ في المجتمعات البشرية وفي المتعضيات الأخرى. فالثورة الصناعية التي بدأت في القرن الثامن عشر أدت إلى تمركز الجماعات في مناطق حضارية قرب المراكز الصناعية. والتقدم الصناعي شجع عملية التعمير وتوسيع الحياة الحضرية، فلزم عدد أقل ثم أقل من الناس في المناطق الريفية لإنتاج الغذاء إلى كل فرد، وإن سرعة انتشار عمليات التصنيع زادت الحاجة إلى مصادر طبيعية لتزويد الصناعة بالمواد الخام.

سمح التطور الثقافي للجماعات البشرية بالتوسع بصورة دراماتيكية لدرجة واجه معها الإنسان مشكلات جادة حول إمكانية الأرض في دعم هذا العدد اللامحدود من السكان. ففي إحصاء لعام 1996 تبين أن 840 مليون إنسان لا يؤمنون الحاجة إلى الطعام الكافي لصحتهم وحياتهم الإنتاجية، وما يجعل المسألة أكثر تعقيداً إعلان الأمم المتحدة بأن سكان العالم البالغ ستة مليارات نسمة عام 1999 سيزيد 3 مليارات خلال العقود الثلاثة أو الأربعة التالية.

نجم عن التطور الثقافي أيضاً تصدع البيئات وانحطاط شأنها لدرجة بالغة، فتناقصت بسرعة الغابات الاستوائية المطرية والبيئات الطبيعية الأخرى، وحدث تلوث التربة منذ الحرب العالمية الثانية بسبب الممارسات الزراعية الخاطئة والرعي الجائر وإزالة الغابات. وقد حدث ذلك في نطاق يساوي 17% من مساحة الغطاء النباتي لكامل الأرض، فلم يعد عدد كبير من الأنواع الحية قادراً على التكيف مع التغيرات البيئية السريعة التي قام بها الإنسان فأخذت هذه الأنواع بالانقراض والانطفاء.

حقاً، نحن متخوفون مما تقترف أيدينا من أذى لكوكبنا. ولكن ما يبعث فينا بعض الأمل هو امتلاكنا الذكاء الكافي لتبديل سلوكنا من أجل تحسين هذه الشروط.

إن التربية السليمة ومن ضمنها دراسة البيولوجيا (علم الأحياء) يجب أن تساعد أجيال المستقبل على تطوير حسهم البيئي وجعل التطور الثقافي عاملاً في التعمير لا في التدمير.

الفصل الثالث:
بعض الاعتراضات الهامة على نظرية التطور

يتسلّح الخلقيون ومعارضو التطور ببعض الحجج القوية ضد نظرية التطور، أشرنا إلى بعضها في سياق أبحاثنا. ونشدد الآن على نقاط هامة مثل الانفجار الكامبري وعشوائية التطور وبنية العين.

1. الانفجار الكامبري

وهو ظهور معظم الشعب الحيوانية، كما رأينا، خلال فترة قصيرة من الزمن في السلم الجيولوجي، قُدِّرت بحوالى عشرة ملايين سنة.

يرى الخلقيون أن الأشكال المعقدة للحياة التي ظهرت فجأة في الانفجار الكامبري، تدحض آراء داروين في التطور التدريجي وفق عدد كبير من المراحل ومدة أطول من الزمن، وهذا يكفي لنسف نظرية التطور من أساسها، طالما أن التطوريين لا يقدمون تفسيرات مقنعة لهذا الانفجار.

يرد التطوريون على ذلك كما يلي:

* أ - بدا الانفجار الكامبري وكأنه ظهور مفاجئ لمجموعة متنوعة من الحيوانات المعقدة قبل ما يقرب من 540 مليون سنة. ولكن ذلك لم يكن أصل الحياة المعقدة، فهو يعود إلى نحو 560 و590 مليون سنة، ويظهر في تشكيل دوشانتو في الصين، (شين وآخرون 2004).

* ب - توجد أحافير لأشكال حياتية انتقالية ضمن أحافير الانفجار الكامبري مثل فَصَّيات الأرجل (Lobopods)، وهي ديدان

ذات أرجل على شكل نتوءات قصيرة قَصّية الشكل، وتعتبر وسطية بين الديدان ومفصليات الأرجل، (كونواي وموريس 1998).

* ج - بعض الشُعب لم تظهر في الانفجار الكامبري، فشعب النباتات تظهر بعد الكامبري والنباتات الزهرية التي تمثل الشكل السائد للحية البرية، لم تظهر إلا منذ حوالى (140) مليون سنة، (براون 1999).

ولا تظهر جميع الشعب الحيوانية في العصر الكامبري. (11) شعبة ظهرت في الكامبري، (1) شعبة واحدة في البريكامبري، (0) شعب بعد الكامبري، (12) شعبة بلا سجلّ أحفوري، (كولنز 1994).

* د - مدة الانفجار الكامبري غامضة وغير مؤكدة، فمع أن المدة المتعارف عليها هي (10-15) مليون سنة، إلا أن البعض يرى أن الانفجار استغرق حوالى (40) مليون سنة أو أكثر.

أما أسباب الانفجار الكامبري فهي عديدة لدى التطوريين، نذكر منها:

1 - تشكل الأوزون (O_3)

يعتقد أن المقدار الكافي من الأوزون للوقاية من الأشعة فوق البنفسجية القاتلة للأحياء، وجد حوالى فترة الانفجار الكامبري، ما سمح بنشوء أحياء معقدة قادرة على العيش في اليابسة، بعد أن كانت مقتصرة على المياه.

2 - تزايد نسبة الأوكسجين الحر (O_2)

لم يكن الجو الباكر للأرض محتوياً على الأوكسجين الحر الذي تتنفسه الأحياء الحالية، فهو حصيلة التركيب الضوئي خلال ملايين

السنين. وقد ارتفع تركيز الأوكسجين في الجو تدريجاً خلال الـ(2.5) مليون سنة الأخيرة. ومن المحتمل أن زيادة هذا التركيز في الهواء أو الماء، تزيد من نمو المتعضيات حتى الحجم المحدد لها، دون التعرُّض لأزمة نقص الأوكسجين. لكن بعض الأحياء الايدياكاريّة، بلغ أمتاراً في طوله، قبل عشرات ملايين السنين من الانفجار الكامبري. الأمر الذي يقلّل من الأهمية النسبية لدور الأوكسجين في الانفجار.

3 - تشكل كرة الثلج الأرضية

قبل الانفجار الكامبري، غطّت جليديات ضخمة معظم سطح الأرض. وقد يكون ذلك سبباً لانقراض كبير للأحياء، أدّى إلى أزمة وراثية خانقة (عنق الزجاجة). وإنّ التنويع الناتج بين الأحياء المتبقية، كان أصلاً، تنويعاً للأحياء الايدياكارية التي ظهرت مباشرة بعد آخر جليدية.

4 - تزايد تركيز شوارد الكالسيوم في بحار الكامبري

تدل التحريات الحديثة على أنّ الاندفاعات البركانية والانتشار الواسع لعمليات الحتّ والتعرية في تلك الفترة، أدّى إلى زيادة كبيرة ومفاجئة في تركيز شوارد (أيونات ions) الكالسيوم في المحيطات، وهذا ساعد المتعضيات البحرية على بناء هياكلها والأجزاء الصلبة من أجسامها.

5 - انقراض الأحياء الايدياكارية

يدل على هذا الانقراض اختفاء أحياء الايدياكارا والمتعضيات

الصدَفية مثل الكلودينا من السجل الأحفوري. ومن المعروف أنه يتبع الانقراضات الكبيرة، بعض الإشعاعات التكيُّفية.

6 - وجود نظير (Isotope) شاذ للكربون في نهاية البريكامبري

إنّ وجود نسبة عالية من نظير الكربون الشاذ في بداية الكامبري يشير إلى اضطراب بيئي في فترة حاسمة من تاريخ الأرض، ومن الطبيعي الافتراض بأنه كان أحد العوامل المؤثرة في الانفجار الكامبري، حيث أسهم في الانقراض الهائل للأحياء الايدياكارية. وهذا قاد بدوره إلى الإشعاع التكيفي الكبير في الكامبري. يشبه ذلك انقراض الدينوصورات في نهاية الكريتاسي الذي أعقبه إشعاع الثدييات.

7 - تطور الأعْين

يقترح العالم أندرو باركر (A. Parker) بأنّ العلاقة بين الفريسة والمفترس، تغيّرت دراماتيكياً بعد أن تطورت حاسة الرؤية وتشكلت الأعْين. فقبل ذلك كانت الحواس الوحيدة هي الشم والاهتزاز واللمس. وعندما أصبحت الضواري قادرة على رؤية فرائسها من بعيد، وجب على الفرائس تطوير وسائل دفاعية جديدة مثل الدروع والأشواك وغيرها، استجابة للرؤية.

لاحظ باركر أن تنوع الحيوانات يقل في الأماكن التي تُفقد فيها العيون، مثل الكهوف.

لكن العديد من العلماء لا يعتبر هذه الظاهرة عاملاً هاماً في حدوث الانفجار الكامبري. فلربما لها دور ثانوي.

8 - سباق التسلُّح بين المفترس والفريسة

إن القدرة على تجنُّب الافتراس تؤلف عاملاً يفرِّق بين الحياة والموت، فهي من أقوى مقوّمات الاصطفاء الطبيعي. والضغط الاصطفائي من أجل التكيّف هو أقوى على الفريسة مما هو على المفترس، فإذا خسر المفترس إحدى جولات الصيد مع الفريسة، فقد وجبة من الطعام. أما خسارة الفريسة في الجولة تعني فقدانها الحياة.

9 - التطور المشترك (Coevolution)

للحيوانات التوالي (Metazoa) قدرة مدهشة على زيادة التنوّع بفضل التطور المشترك الذي يعني أن توافر صفة جديدة في متعضية (Organism)، يقود إلى تطوير صفات في متعضيات أُخرى. مثال ذلك: الافتراس قد يدفع نوعاً من الفرائس إلى تطوير وسيلة مضادة دفاعية، ونوعاً آخر من الفرائس إلى تطوير وسيلة أُخرى كالجري السريع للهرب من المفترس. وهذا بدوره يحرِّض المفترس للتشعُّب في تطوره إلى نوعين، أحدهما يجيد تحطيم الوسيلة الدفاعية، والآخر يجيد عملية الصيد.

10 - جينات هوكس (Hox genes)

هي جينات أساسية في الحيوانات التوالي، تحدّد هويّة المناطق الجنينية على امتداد المحور الأمامي الخلفي للجسم. وإنّ أوّل مورثة(جين) عُزلت من هذا النمط في الفقاريات كانت للحيوان المسمّى القيطم (زينوبس Xenopus) عام 1984 مشيرة إلى بداية العلم الفتي الذي يدعى:

بيولوجيا النمو والتشكل التطوري

(Evo-devo) (Evolutionary developmental biology)

لجينات هوكس سلوك فريد، فهي تنتظم نموذجياً على شكل تجمعات (Clusters). وإن النظام الخطي للجينات داخل التجمع، مرتبط مباشرة بنظام المناطق التي تؤثر فيها، وبالتوقيت المناسب لذلك. سميت هذه الظاهرة، التوضّع الخطي المشترك (Colinearity). مثال ذلك: عندما يتم فقدان وظيفة لإحدى الجينات، فإنّ القطعة المرتبطة بها، تتشكل في مكان أكثر تقدُّماً (إلى الأمام). أما إذا أدت الطفرة إلى ربح وظيفة، فالقطعة ترجع إلى الخلف. وهذا يدعى الانتباذ (Ectopia) ومن أشهر الأمثلة على ذلك، تشكل الأرجل بدلاً من قرون الاستشعار، أو تشكل صدر آخر لدى ذبابة الفواكه (Drosophila).

يُظهر الدليل الجزيئي أن عدداً من جينات هوكس، وجد في القرّاصيات (اللاسعات Cnidaria)، قبل الحيوانات جانبية التناظر الحقيقية الباكرة، ما يؤكِّد وجود هذه الجينات قبل الحقب القديم.

إن نماذج تعبير جينات هوكس تحدّد نمط البنية الفقرية المتشكلة في الفقاريات، فالفقرات الصدرية مثلاً لها أضلاع، في حين أن الفقرات الرقبية والقطنية مجردة من الأضلاع.

من أهم التغيرات الجذرية في مخطط الجسم الفقري، نراه في الأفاعي التي تطورت من العظايات كما نعلم. يبدو أن الأفاعي فقدت أرجلها في خطوتين كما تشير الأدلة الأحفورية والجنينية. في الخطوة الأولى، فقدت الأرجل الأمامية وفي الثانية الخلفية.

يمكن تعليل فقدان الأطراف الأمامية بوساطة تعبير جينات هوكس في القسم الأمامي من جسم الأفعى. إن الأطراف الأمامية في معظم الفقاريات تتشكل تماماً أمام منطقة التعبير الأكثر تقدماً من جينات هوكس التي تدعى (هوكس – 6). وأثناء النمو والتشكل الباكر لأفعى البيثون لا تعبِّر (هوكس – 6) عن ذاتها بغياب (هوكس – 8)، فلا تتشكل الأطراف الأمامية.

وفقدان الأطراف الخلفية يتم بآلية أُخرى تسهم فيها جينات هوكس.

نكتفي بهذا القدر من التفسيرات لحدوث الانفجار الكامبري. وكلها تحتا ج إلى مزيد من التحريات، وإن التقدم الكبير الذي يتم إنجازه في وسائل البحث الحديثة كفيل بإزالة الغموض وجلاء الحقيقة.

2 – عشوائية التطور

يرى الخلقيون والمعارضون لنظرية التطور، أنه لا يمكن لعملية عشوائية تعتمد على مجرّد الصدفة أن تقود إلى تشكيل بنية معقدة كالخلية الحية، فكيف إذا اعتبرنا العين البشرية. ولهم الحق في ذلك إن كان التطور عملية عشوائية.

يقول الدكتور دايفيد منتون (David Menton)، المتخصص في البيولوجيا الخلوية من جامعة براون: «إن التطوريين لا يتحملون سماع التعبير، التطور محض صدفة، ولكن ولو أزعجتهم هذه الحقيقة،

فالتطور يقوم على عوامل أهمها الاصطفاء الطبيعي والطفرات وهما عمليتان عشوائيتان لا يمكن أن تقودا إلى أشكال معقدة، لأن تحقيق ذلك حسب قواعد الاحتمال أمر مستحيل. وإذا كان التطور على هذه الدرجة من اللاإحتمالية، فلماذا نعيره هذا الاهتمام؟»

الردّ على ذلك من جهة أغلب التطوريين يكمن في الاصطفاء الطبيعي.

الدكتور كن ميللر (Ken miller) أستاذ علم الأحياء في جامعة براون، صرّح في إحدى المقابلات « لا أفهم لماذا يلجأ البعض إلى وصف الاصطفاء الطبيعي بالعشوائية». فهو يرى الاصطفاء الطبيعي واحداً من المسالك الرئيسة نحو أشكال الحياة المعقدة. إنه اللاآلية التي تمنح الأنواع القدرة على التصفية والتخلص من الضار، والإبقاء على المفيد. إنه عملية لا عشوائية تعمل كالغربال الذي يصفّي التغايرات الوراثية. فكما أنّ الغربال المليء بحجوم مختلفة من الحصى، لا يفرزها بصورة عشوائية، كذلك الاصطفاء الطبيعي يفعل في الاختلافات الوراثية.

لإيضاح الصورة أكثر، نضرب المثال الافتراضي التالي:

لنتخيل وجود جماعة من الناس تتبع تقليداً خاصاً بها، فيما يتعلق بالزواج. حيث يوجد لدى السلطة في هذه الجماعة جهاز كالغربال فيه فتحات متساوية (مثل ثقوب الغربال)، تسمح بمرور الأفراد نحيفي القامة وتمنع مرور القامات الثخينة. في كل عام، يخضع الأفراد المرشحون للزواج، إلى محاولة المرور من الجهاز، فيسلك

منه ذوو القامات النحيفة فقط، وهم الذين يحق لهم البقاء والاستمرار في الجماعة والتزاوج فيما بينهم. أما الباقون فيجبرون على مغادرة الجماعة والهجرة إلى مناطق أخرى.

من الواضح أن الأفراد النحيفين الباقين هم الذين يتزاوجون ويزداد عددهم في كل خطوة.

هذا هو الاصطفاء. إنه عملية لا عشوائية. العمل العشوائي يكون مثلاً برمي قطعة من النقود لمعرفة من يبقى ويتزاوج (بحسب القُرعة)، وليس باستعمال وسيلة كالغربال. القرعة بقطعة النقود لا تؤدي إلى زيادة تكرار الأفراد النحيفين، بعد كل محاولة. أما الغربال فيفعل.

في العالم الطبيعي تقوم البيئات بدور الغربال. البيئة هي العامل الأهم في تشكل الأنــواع. يجب أن تكون الكائنات الحية قادرة على العيش والبقاء في البيئة التي ولدت فيها وإلا لا يمكنها التكاثر والمحافظة على نوعها. ذلك ما دعاه داروين التكيّف (Adaptation).

لا يجب أن يتبادر إلى الذهن وجود نوع من الذكاء أو الوعي في هذه العملية، إنها البيئات المتغيرة التي تتضمن أشياء كدرجة الحرارة ونسبة الأوكسجين ومقدار الطعام المتوافر. وإن التغير البطيء خطوة فخطوة هو المؤدي إلى نشوء الأنواع. وبما أن البيئة تحكم الاصطفاء الطبيعي فهو لذلك عملية لا عشوائية وغير هادفة.

التطور لا يتم من خلال خطوة واحدة، كما رأينا سابقاً، وإنما على خطوات عديدة. إنه عملية تراكمية (Cumulative process)، تقودها البيئات المتغيرة التي تقوم بدور الاصطفاء الطبيعي خطوة فخطوة

في كل تغير جديد لشروط البيئة، وتستجيب لها الأحياء بما لديها من تغايرات لامتناهية، نتيجة الطفرات المتراكمة والتراكيب الجديدة المتزايدة والمتوافرة في الجماعة على مدى مئات ملايين السنين.

هنا يبرز الفرق بين الحدث الاحتمالي العشوائي والحدث اللاعشوائي. إن نشوء بنيات حية معقدة بصورة عشوائية أمر مستحيل، لأن احتماله يقرب من الصفر. أما بالاصطفاء الطبيعي فهو ممكن الحدوث على مدى ملايين السنين.

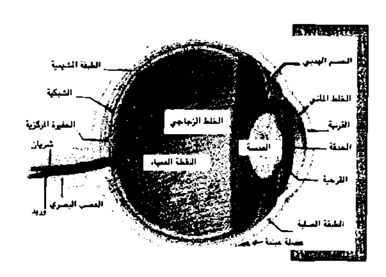
من يرد التوسع والتحقق أكثر لمعرفة العمليات الاحتمالية المتعلقة بهذا الموضوع، عليه أن يراجع «كتاب صانع الساعات الأعمى» (The blind watchmaker) للعالم تشارلز داوكنز.

3. بنية العين البشرية

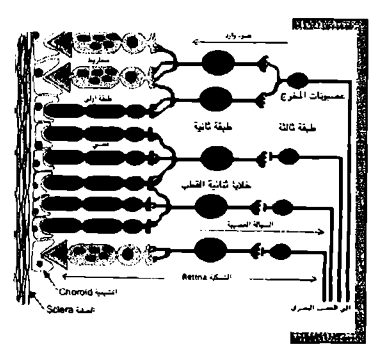
التحدي الكبير الذي يوجهه الخلقيون إلى نظرية التطور هو البنية المعقدة للعين البشرية، فهل يستطيع التطوريون، تقديم تفسير منطقي ومعقول لمراحل تطور هذا العضو المعقد؟ فيما يلي بحث منقول (بعد ترجمته) عن مجلة العلوم الأميركية «Scientific American»، عدد تموز/ يوليو 2011 أضيف إليه بعض الصور للإيضاح.

تطور حاسة العين

عين الإنسان عضو شديد التعقيد (شكل 100)، تعمل مثل الكاميرا (آلة التصوير) فتجمع وتركز الضوء ثم تحوله إلى إشارات كهربائية



(الشكل100) بنية عين الإنسان



(الشكل101) بنية شبكية العين

يترجمها الدماغ إلى صور، ولكن لها بدلاً من الشريط الفوتوغرافي، شبكية عالية التخصص تكتشف الضوء وتعالج الإشارات مستخدمة العشرات من أنواع العصبونات (الخلايا العصبية Neurons)، (شكل 101).

إنها معقدة لدرجة جعلت من منشئها سبباً شهيراً لدى الخلقيين وأنصار التصميم الذكي يتمسكون به كمثال رئيس لما أسموه «التعقيد اللاإختزالي»، أي الجهاز الذي لا يعمل في غياب أي من مكوناته. ولذلك لا يمكن أن تكون قد تطورت طبيعياً من شكل أكثر بدائية. وقد اعترف تشارلز داروين نفسه في كتابه «أصل الأنواع» سنة 1859، بأنه من غير المعقول التفكير بأن العين قد تشكلت بالاصطفاء الطبيعي، ومع ذلك فإنه أصر بأنها تطورت بهذه الطريقة على الرغم من فقدان الدليل على وجود أشكال انتقالية في ذلك الوقت، (منذ حوالى 160 سنة). واستمرت الصعوبة في العثور على الدليل المباشر خلافاً لما كانت عليه الحال فيما يتعلق بالهياكل العظمية. حيث توافر الكثير من تحولاتها الشكلية التدريجية في السجل الأحفوري. إذ إنه من النادر أن تتحجر البنيات

ذات النسج الرخوة. حتى ولو تم ذلك، فأحافيرها لا تحافظ على التفاصيل بصورة كافية للإفصاح عن كيفية تطور هذه البنيات.

قطع البيولوجيون حديثاً، شوطاً متقدماً في تتبع آثار منشأ العين، بدراسة كيفية تشكلها في الأجنة الآخذة في التشكل والنمو وبمقارنة بنيتها بالمورثات عبر الأنواع. وتشير النتائج أن نمطنا من العيون (النمط الشائع لدى الفقاريات) اتخذ شكلاً خلال أقل من (100) مليون سنة. وقد تطور من مستشعر (حساس) بسيط للإيقاعات الدورية اليومية والفصلية منذ حوالى (600) مليون سنة، إلى عضو معقد متقن ضوئياً وعصبياً خلال (500) مليون سنة مضت.

هذه الاكتشافات التي تمت بعد أكثر من (150) سنة من نشر داروين لنظريته، وضعت الإسفين في كفن فكرة «التعقيد اللاإختزالي» ودعمت فكرة داروين بوضوح. كما أنها بينت أن العين ليست قطعة كاملة الهندسة والتصميم، بل تتصف بعدد من العيوب الكبرى تمثل ندبات التطور. فالاصطفاء الطبيعي، ليس كما يظن البعض، يقود بالضرورة إلى الكمال، إنه يتعامل مع المواد المتوافرة له ويؤدي إلى نتائج سيئة أحياناً.

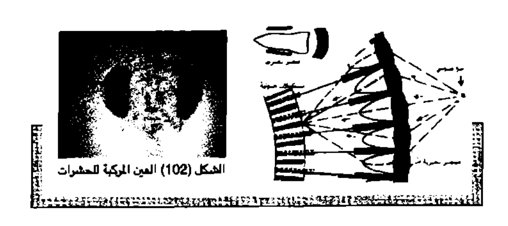
لكي نعرف كيف نشأت عيننا، علينا أن نعرف أولاً، شيئاً عن الأحداث التي وقعت في الزمن السحيق. فنحن معشر البشر لنا خط متصل من الأجداد لا انقطاع فيه، يعود إلى أربعة مليارات من السنين تقريباً، أي إلى بداية الحياة على الأرض. ومنذ حوالى مليار سنة تشعبت كثيرات الخلايا الحيوانية إلى مجموعتين: الأولى كانت ذات

مخطط جسمي شعاعي التناظر (جانب علوي وجانب سفلي مع غياب الجانبين الأمامي والخلفي). والمجموعة الثانية التي انحدر منها معظم الحيوانات كانت ذات تناظر جانبي (جانب أيمن وجانب أيسر ونهاية رأسية).

ثم تفرعت الحيوانات جانبية التناظر منذ حوالى (600) مليون سنة إلى زمرتين هامتين: واحدة انبثقت منها الأغلبية العظمى من الحيوانات اللافقارية الحالية، وأخرى تتضمن أنسالها الحيوانات الفقرية التي ننتسب إليها. وحالما سلكت كل من الزمرتين طريقها، فإن تنوعاً مدهشاً لمخططات الجسم الحيواني أخذ في التزايد السريع وهذا ما وصف بالانفجار الكمبري، الذي ترك بصماته في السجل الأحفوري منذ حوالى (540 - 590) مليون سنة، وهذا الانفجار التطوري شكل الأرضية العملية لنشوء أعيننا المركبة.

يظهر السجل الأحفوري تشكل نمطين مختلفين من العيون خلال الانفجار الكمبري، العين المركبة والعين الكمرية.

العين المركبة هي من النوع الذي نراه اليوم في سائر الحشرات البالغة من العناكب والقشريات (قسم من زمرة اللافقاريات المسماة مفصليات الأرجل)، (شكل 102).



الشكل (102) العين المركبة للحشرات

(الشكل102)
العين المركبة في الحشرات

في هذا النمط من العيون يوجد نسق من الوحدات أو العناصر البصرية المتطابقة، وكل منها يؤلف عدسة توجه الأشعة الضوئية إلى عدد من العناصر الحساسة للضوء تسمى «المستقبلات الضوئية».

إن العيون المركبة فعالة جداً للحيوانات الصغيرة من أجل تأمين رؤية فضائية واسعة الزاوية ومعتدلة الدقة في حيز صغير. وربما منحت قابلية الرؤية هذه، ثلاثيات الفصوص ومفصليات الأرجل الأخرى القديمة في الكمبري أفضلية البقاء، قياساً على معاصريها من الحيوانات ضعيفة الرؤية. لكن العيون المركبة ليست عملية للحيوانات الضخمة، لأن حجم العيون اللازم منها لدقة الرؤية العالية يجب أن يكون مفرطاً في الضخامة. وحالما أخذ حجم الجسم في التزايد، عمل الضغط الاصطفائي على تفضيل تطور نمط آخر من العيون هو التشكيلة الكمرية (Camera variety) وفي هذا النمط تشترك سائر المستقبلات الضوئية بعدسة واحدة تركز الضوء. وهذه المستقبلات مرتبة كصفيحة تبطن السطح الداخلي لجدار العين (الشبكية)، (انظر الشكل 101).

إن للحبار (Squid) والأخطبوط (Octopus) عيوناً كمرية النمط تشبه عين الإنسان سطحياً، لكن مستقبلاتها الضوئية من النوع المتوافر لدى الحشرات.

أما الفقاريات فلها نمط من المستقبلات الضوئية يبدو في الفقاريات الفكية (ونحن من ضمنها) على تشكيلتين: مخاريط (Cones) للرؤية النهارية وعصي (Rods) للرؤية الليلية.

لاحظ لامب وبوغ وكولن أن العديد من السمات المميزة لعين الفقاريات هي نفسها في سائر الأحياء الممثلة لفرع رئيس من شجرة الفقاريات هو الفقاريات الفكية، ما يدعو إلى الاقتراح بأن هذه الفقاريات ورثت هذه الصفات من جد مشترك. وأن عيننا كانت قد تطورت سابقاً خلال الـ(420) مليون سنة الماضية عندما شرعت الفقاريات الفكية الابتدائية (التي ربما تشبه الأسماك الغضروفية الحالية كسمك القرش) في التجوال بحراً. يدعو ذلك إلى الاعتقاد بوجوب وجود جذور أكثر عمقاً لعيننا الكمرية النمط ومستقبلاتها الضوئية. وعلينا أن نوجه انتباهنا إلى الفقاريات الفكية الأكثر ابتدائية والتي تتفق معها بجد مشترك منذ حوالى (500) مليون سنة.

علينا أن نفحص تشريح مثل هذا الحيوان بالتفصيل، ثم نقرر التركيز على واحد من الحيوانات المعاصرة القليلة في هذه المجموعة وهو السمك الجلكي (Lamprey) المشابه لسمك الانقليس أو ثعبان البحر، الذي له فم قمعي الشكل أعد للمص أكثر من القضم، وقد أصبح لهذا السمك أيضاً عين كمرية النمط تكملها عدسة وقزحية وعضلات عينية، وله شبكية ذات بنية ثلاثية الطبقات مثل عيننا. كما أن خلاياها المستقبلة للضوء تشبه كثيراً مخاريطنا. غير أنها لم تطور بعد العصي الأكثر حساسية. وفضلاً عن ذلك فإن المورثات التي تتحكم في عدة مظاهر لاكتشاف الضوء والمعالجة العصبية ونمو وتشكل العين هي مثل التي تدير هذه العمليات في الفقاريات الفكية.

من المستبعد أن تكون هذه التشابهات المدهشة مع عين

الفقاريات الفكية قد نشأت بصورة مستقلة. وإن عيناً مطابقة أساساً لعيننا يجب أن تكون قد وجدت لدى السلف المشترك للفقاريات الفكية والفقاريات اللافكية منذ (500) مليون سنة.

فكر لامب وزملاؤه فيما إذا كانوا قادرين على تتبع أثر تطور العين ومستقبلاتها الضوئية أبعد من ذلك. ولسوء الحظ لا يوجد على قيد الحياة ممثلون للسلالات التي انفصلت عن سلالتنا خلال الخمسين مليون سنة الماضية، وهي الشريحة الزمنية المنطقية للدراسة التالية. ولكنهم عثروا على المفاتيح في عين وحش غريب من الأسماك يدعى السمك الحيزبون أو السمك المتوحش (Hog fish).

السمك الوحشي كقريبه السمك الجلكي، عبارة عن سمك عديم الفك ثعباني الشكل، يعيش عادة في قاع المحيطات يغتذي بالقشريات والأجسام الميتة الساقطة من المخلوقات البحرية الأخرى. وعلى الرغم من أنه فقاري النسب، لكن عينه مختلفة كثيراً عن عين الفقاريات، إذ تنقصها القرنية والقزحية والعدسة وسائر العضلات الداعمة المعتادة. والشبكية تتألف من طبقتين من الخلايا لا ثلاث طبقات. وكل عين مدفونة عميقاً تحت رقعة من الجلد قليلة الشفافية. وإن مراقبة سلوك هذا الحيوان تدعو إلى الاقتراح بأنه حيوان أعمى يعتمد على حاسة شمه الحادة. وهو يشترك مع السمك الجلكي بسلف واحد له عين كمرية النمط كالسمك الجلكي، فيجب أن تكون عينه قد ضمرت من هذا الشكل الأكثر تقدماً. ونحن نعلم من أسماك الكهوف العمياء مثلاً، أنه يمكن للعين أن تضمر وأن تفقد أحياناً في أقل من

عشرة آلاف سنة. ومع ذلك، فإن عين السمك المتوحش بقيت كما هي عليه مئات الملايين من السنين. وهذه الاستمرارية توحي بالافتراض أن هذا الحيوان ولو أنه لا يستعمل العين للرؤية في أعماق المحيطات المظلمة، فهي ضرورية بشكل أو بآخر للبقاء. ولهذا الاكتشاف مدلول آخر أيضاً، فقد تكون العين قد تناهت إلى حالتها من الضمور نتيجة الفشل في عملية النمو والتشكل، وربما تكون بنيتها الحالية تمثيلاً لهندسة مرحلة تطورية باكرة. وإن دراسة مهمتها قد تلقي الضوء على كيفية عمل العين الابتدائية قبل تطورها إلى عضو بصري.

إن بعض التلميحات حول دور عين السمك الوحشي أتت من دراسة شبكيتها بشكل أدق. ففي شبكية الفقاريات ثلاثية الطبقات تقوم خلايا الطبقة المتوسطة المعروفة بالخلايا ثنائية القطب بمعالجة التعليمات الصادرة عن المستقبلات الضوئية، وتوصل النتائج إلى عصبونات المخرج التي تنقل إشاراتها إلى الدماغ لشرحها. لكن شبكية السمك الوحشي ثنائية الطبقة ينقصها الطبقة الخلالية ثنائية القطب، وهذا يعني أن المستقبلات الضوئية تتصل بعصبونات المخرج مباشرة. وإن تنشيط أو تفعيل الشبكية يشبه ما يحدث في الغدة الصنوبرية (Pineal gland)، وهي جسم صغير هرموني الإفراز يوجد في دماغ الفقاريات حيث تقوم بتعديل الإيقاعات الدورية اليومية. أما في الفقاريات غير اللبونة فتحتوي على مستقبلات ضوئية خلوية، تتصل مباشرة بعصبونات المخرج دون خلايا وسطية. وهذه الخلايا فقدت قدرتها على اكتشاف الضوء لدى اللبونات.

بالاعتماد على هذا التوازي مع الغدة الصنوبرية، اقترح لامب ومعاونوه عام (2007) بأن عين السمك المتوحش ليست مسؤولة عن الرؤية وإنما تأمين مخرج إلى جزء من دماغ الحيوان الذي ينظم الإيقاعات اليومية المصيرية، كما هي حال النشاطات الفصلية كالاغتذاء والتربية.

ربما استخدمت العين السلفية للفقاريات الابتدائية التي عاشت بين 550 مليون و500 مليون سنة خلت، استخدمت أولاً، كعضو لا بصري وفيما بعد طورت قوة المعالجة العصبية والمكونات البصرية والمحركة اللازمة للرؤية الفضائية.

إن دراسة النمو والتشكل الجيني للفقاريات تدعم هذه الفكرة، فعندما تكون سمكة الجلكي في مرحلة اليرقة، تعيش في مجرى الأنهار وتكون عمياء كالسمك المتوحش وتكون عينها عندئذ مشابهة لعين السمك الوحشي، بسيطة البنية مدفونة تحت الجلد. وعندما تتابع اليرقة تحولاتها الشكلية، تنمو عينها الضامرة بصورة ملحوظة وتشكل شبكية ثلاثية الطبقات وعدسة وقرنية وعضلات داعمة، ثم يندفع العضو بعد ذلك إلى السطح كعين فقارية كمرية النمط. وبما أن العديد من مظاهر النمو والتشكل الفردي تعكس الأحداث التي وقعت خلال تطور الأسلاف، يمكننا بحذر، الاستفادة من استخدام العين المتنامية للجلكي لإعلامنا عن كيفية إعادة بناء تطور العين.

في أثناء النمو والتشكل الجنيني تبدي عين الثدييات (اللبونات) أيضاً مفاتيح شاهدة على منشئها التطوري. فقد وجد بنيامين رينر

ومعاونوه في جامعة كاليفورنيا، سانتا بربرا، أن دارة شبكية اللبونات تبدأ كما في السمك الوحشي، إذ تكون مستقبلاتها الضوئية متصلة مباشرة بعصبونات المخرج، ثم بعد عدة أسابيع تنضج الخلايا ثنائية القطب وتحشر ذاتها بين المستقبلات الضوئية وعصبونات المخرج.

هذا التتابع هو بالضبط نموذج النمو والتشكل الواجب توقع رؤيته فيما إذا تطورت شبكية الفقاريات من عضو ثنائي الطبقة يومي الدورة، عن طريق إضافة قوة معالجة ومكونات تصويرية. لذلك يبدو من المعقول تماماً بأن هذه المرحلة البسيطة الباكرة من النمو والتشكل تمثل بقية محافظة من برهة تطورية قبل اختراع العدسة والقرنية والعضلات الداعمة.

نشوء المستقبلات

عند دراسة نمو وتشكل الطبقات الثلاث للشبكية وتشكلها، برز تساؤل آخر مرتبط بتطور العين. إن الخلايا المستقبلة للضوء لدى المملكة الحيوانية توجد على شكل صنفين متمايزين: الصنف العصوي والصنف الهدبي، ولا يزال بعض العلماء يظن حتى الآن أن اللافقاريات تستخدم الصنف العصوي فيما تستعمل الفقاريات الصنف الهدبي، لكن المسألة في الواقع، أكثر تعقيداً. فالمستقبلات الضوئية الهدبية لدى الأغلبية الساحقة من المتعضيات مسؤولة عن استشعار الضوء لأهداف لا تتعلق بالإبصار وإنما بتنظيم الإيقاعات الدورية اليومية مثلاً. أما المستقبلات العصوية فهي، على العكس من

ذلك، تستشعر الضوء لتحقيق الرؤية الواضحة. إن كلا النمطين من العيون المركبة لمفصليات الأرجل والكمرية للرخويات كالأخطبوط، التي تطورت بصورة مستقلة عن النمط الكمري للفقاريات تستخدم المستقبلات العصوية. غير أن عين الفقاريات تستخدم الصنف الهدبي من المستقبلات الضوئية لاستشعار الضوء من أجل الرؤية.

في عام (2003) نشر الباحث الألماني وتلف ارندت تقريراً بين فيه أن عيننا لا تزال تحتفظ بأنسال المستقبلات الضوئية العصوية، التي تعدلت كثيراً لتشكل عصبونات المخرج المرسلة للمعلومات من الشبكية إلى الدماغ.

هذا الاكتشاف يدل على أن شبكتنا تحتوي على الأنسال لكلا الصنفين من المستقبلات الضوئية: الصنف الهدبي الذي احتوى دوماً المستقبلات الضوئية، والصنف العصوي الذي تحول إلى عصبونات المخرج.

إن الضغط على بنية موجودة كي تعمل لهدف جديد هو بالضبط ما يقوم به التطور. فالاكتشاف بأن المستقبلات الضوئية الهدبية والعصوية تقوم بأدوار مختلفة في عيننا، أكثر مما هو لدى اللافقاريات، يضيف ثقلاً أكبر إلى الدليل بأن عين الفقاريات كانت مبنية بعملية طبيعية. ولكن أي نوع من الضغوط البيئية يمكن أن يكون قد دفع هذه الخلايا لتتخذ الأدوار الجديدة؟

لمحاولة الفهم لماذا انتصرت المستقبلات الضوئية الهدبية في شبكية الفقاريات كمستشعرات للضوء، في حين أن المستقبلات

العصوية تطورت إلى عصبونات إسقاط، لجأ لامب إلى تحليل أصبغتها المستشعرة للضوء أي الأرجـوان الشبكي (رودوبسين Rhodopsins).

وفي عام (2004) أظهر شندري في اليابان وزملاؤه، أنه في التطور الباكر لأصبغة الرؤية في الفقاريات، حدث تغير جعل الشكل المنشط ضوئياً من الأصبغة، أكثر ثباتاً وبالتالي أكثر فعالية. فاقترح لامب بأن هذا التغير أغلق أيضاً، الطريق على إعادة تحويل الرودوبسين العصوي. فمن الضروري إذن، وجود مسلك كيمياوي من أجل إعادة الجزيء إلى سابقه استعداداً للإشارات الضوئية مرة ثانية. ويجب أن يكون للمستقبل الضوئي الهدبي أفضلية متميزة على المستقبل الضوئي العصوي في بيئات مماثلة لقاع المحيطات حيث يكون مستوى الضوء شديد الانخفاض.

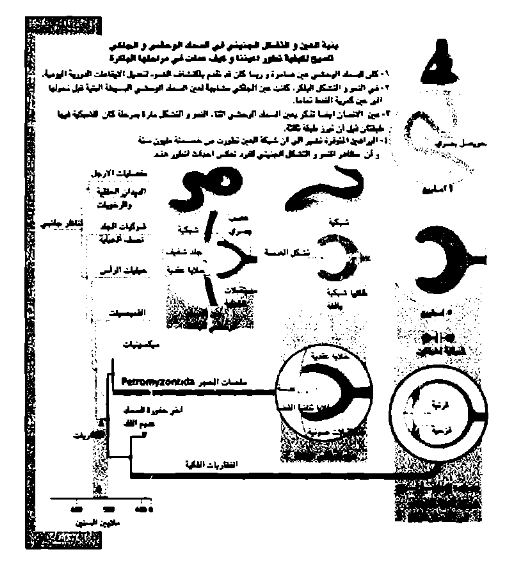
وكنتيجة لذلك، ربما كان لبعض الحبليات الباكرة (أجداد الفقاريات) القدرة على احتلال أركان بيئية سهلة المنال بالنسبة إلى الحيوانات التي تعتمد على المستقبل الضوئي العصوي، ليس لأن الأوبسين الهدبي المحسن (المكون الأساسي الآخر من أصبغة العين الكمرية) يمتاز بقدرة على الرؤية أفضل، بل لأنه يؤمن طريقة محسنة لاستشعار الضوء الذي يمكن الساعات الدورية اليومية والفصلية من الاحتفاظ بالوقت.

وفيما يتعلق بهذه الحبليات القديمة التي كانت تسكن الأماكن الأكثر عتامة، فإن مستقبلها الضوئي العصوي الأقـل حساسية

ومخاريطها الهدبية كانت عديمة النفع في هذه البيئة، ما جعلها حرة في اتخاذ دور آخر، وهو دور عصبونات تنقل الإشارات إلى الدماغ، فلم تعد بحاجة للأوبسين فحذفه الاصطفاء الطبيعي من هذه الخلايا.

ولادة عين

بعد أن أخذ لامب وزملاؤه فكرة عن كيفية نشوء مكونات شبكية الفقاريات، أرادوا أن يصوروا كيف تطورت العين من مستشعر ضوئي غير إبصاري، إلى عضو مشكل للصور خلال حوالى الـ(500) مليون سنة الماضية. وهنا لجأوا إلى الأجنة في أثناء نموها وتشكلها حيث عثروا على المفاتيح. ففي التشكل الجنيني الباكر، يحدث نتوء في البنية العصبية من الجانبين، فيتشكل كيسان أو حويصلان، وكل منهما ينثني على ذاته ليؤلف شبكية بشكل حرف (C) تبطن داخل العين (شكل 103)، وقد تقدم التطور غالباً على هذه الصورة.



(الشكل103)
تطور عين
السمك الجلكي
والسمك الوحشي

سلم هؤلاء الباحثون بأن عيناً طليعية من هذا النوع بشكل حرف C وبشبكية ثنائية الطبقة، تتألف من المستقبلات الضوئية الهدبية من الخارج، وعصبونات المخرج المشتقة من المستقبلات الضوئية العصوية من الداخل، كانت قد تطورت في أحد أسلاف الفقاريات منذ (500–550) مليون سنة، هدفها التوصل إلى ساعتها الداخلية، وربما المساعدة على اكتشاف الأخيلة وتوجيه الجسم بصورة دقيقة.

في المرحلة الثانية من النمو والتشكل الجنيني، حالما انثنت الشبكية إلى الداخل مقابل نفسها. تشكلت العدسة، بنشوئها كثخانة من السطح الخارجي للجنين أو الأدمة الخارجية التي تبرز في الحيز الفارغ المنعطف الذي شكلته الشبكية ذات الشكل (c) وفي المرحلة النهائية ينفصل هذا النتوء عن بقية الأدمة الخارجية ليصبح عنصراً حر الطفو.

ويبدو أنه من المحتمل حدوث تتابع من التغيرات مشابهة لذلك أثناء التطور. ولا يعرف بالضبط متى حدثت هذه التعديلات. ولكن في عام (1994) أظهر باحثون في الولايات المتحدة والسويد بأن المكونات البصرية للعين قد تكون قد تطورت بسهولة خلال مليون سنة. وإذا صح ذلك، أمكن للعين المشكلة للصور أن تنشأ من عين طليعية لا بصرية في برهة جيولوجية.

عندما توافرت العدسة لتقتنص الضوء وتركز الصور ازدادت بوضوح قدرة العين على جمع المعلومات، وهذه الزيادة يجب أن تكون قد خلقت ضغوطاً اصطفائية رجحت نشوء بروز معالجة محسنة للإشارة في الشبكية أبعد مما يستطيعه اتصال المستقبلات الضوئية

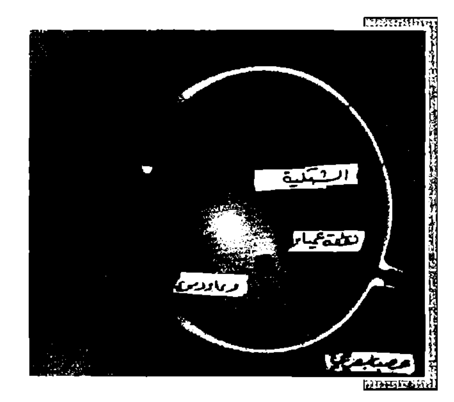
البسيط لعصبونات المخرج. وقد واجه التطور هذه الحاجة بتعديل عملية النضج الخلوي، بحيث إن الخلايا النامية، بدلاً من تشكيل مستقبلات ضوئية هدبية تحولت إلى خلايا شبكية ثنائية القطب، حشرت نفسها بين طبقة المستقبلات الضوئية وطبقة عصبونات المخرج. وهذا ما يفسر الشبه الكبير بين الخلايا الشبكية ثنائية القطب وبين خلايا العصي والمخاريط، مع أنها مجردة من الرودوبسين ولا تتلقى الطاقة من الضوء وإنما من المواد الكيمياوية وهي النواقل العصبية وتتحرر من المستقبلات الضوئية.

ومع أن العيون كمرية النمط، تؤمن حقلاً واسعاً للرؤية (حوالى 180 درجة) إلا أن دماغنا لا يستوعب عملياً سوى جزء من المعلومات المتوافرة في أي وقت لمحدودية عدد الألياف العصبية الواصلة بين عيننا ودماغنا. ولا شك أن العيون الكمرية النمط الباكرة، واجهت محدودية أكبر لامتلاكها عدداً أقل من الألياف. وهكذا يجب أن يكون قد حدثت ضغوط اصطفائية كبيرة من أجل تطور العضلات المحركة للعين. ويجب أن توجد مثل هذه العضلات منذ (500) مليون سنة، لأن ترتيب مثل هذه العضلات في السمك الجلكي الذي يعود نسبه إلى هذا التاريخ، وهو مطابق تقريباً لحالة الفقاريات الفكية بما في ذلك الإنسان.

مقابل كل هذه المظاهر العبقرية التي شيدها التطور في عين الفقاريات، هنالك عدد من الصفات المعيبة فيها. مثال ذلك:

1 - الجانب الداخلي للشبكية ينعكس باتجاه الخارج

(Inside OUT) ما يضطر الضوء إلى المرور عبر الثخانة الكلية للشبكية، من خلال الألياف العصبية المتشابكة وأجسام الخلايا التي تشتت الضوء وتقلل من جودة الصورة، قبل أن تصل إلى المستقبلات الضوئية المستشعرة للضوء، (شكل (104).



(الشكل104)
بعض عيوب عين الإنسان

2 - الأوعية الدموية تبطن السطح الداخلي للشبكة مسقطة أخيلة غير مرغوب فيها على طبقة المستقبلات.

3 - وجود نقطة عمياء، تتجمع فيها الألياف العصبية التي تمر عبر سطحها قبل أن تزدحم في نفق ضيق خلال الشبكية لتبرز وراءها كعصب بصري.

وقائمة العيوب كبيرة لا حاجة إلى ذكر المزيد منها.

هذه العيوب ليست ظاهرية حتمية للعين الكمرية النمط، لأن الأخطبوط والحبار طورا، بصورة مستقلة، عيوناً كمرية النمط لا تشكو من هذه العيوب. وإذا نظرنا إلى عين الفقاريات بمنظار تطوري، نجد

أن هذه العيوب نتائج لخطوات متتابعة غابرة موغلة في القدم، كل منها قدم فائدة لأجدادنا الفقارية القديمة، حتى قبل أن تبصر وترى الأشياء.

إن تصميم عيننا ليس تصميماً ذكياً وإننا نفهم مغزاه التام عندما ننظر إليه على ضوء التطور.

خاتمة

ماذا يخبئ لنا المستقبل كنوع بشري؟ هل يمكن تحديد مصيرنا على ضوء أساليب التطور؟

لا يسير التطور، كما رأينا، وفق مسلك خطي موجه وحيد، بل يتشعّب إلى فروع عديدة تبعاً لمؤهلات الجماعة الوراثية وللظروف المحيطة وغيرها من العوامل. والآراء تتفاوت حول هذا الموضوع.

العالِم الوراثي الإنكليزي ستيف جونز يرى أن الإنسان سيشهد استقراراً كبيراً في صفاته ولن يتعرّض للتغيرات العميقة التي كانت تحدث في الماضي، لأن المقوِّمات الأساسية للتطور قد اختفت بصورة واضحة. الوقائع تدل على أن تطور الإنسان قد بلغ نهايته، كما يظن جونز.

نعلم أن التطور يتطلب توافر ثلاثة عوامل أساسية هي: التغاير بوساطة الطفرات والاصطفاء الطبيعي والانعزال. وكلها قيد الاختفاء بدرجات متفاوتة لدى النوع البشري.

1. فيما يتعلق بالتغير بوساطة الطفرات نذكر التجربة المشؤومة

التي حدثت في 6 آب/ أغسطس عام 1945 عندما أُلقيت قنبلة نووية على هيروشيما في اليابان.

كان هنالك اعتقاد جازم بأن الأطفال الذين تعرضوا للإشعاع سيواجهون الأذى والتشوه الوراثي أيضاً. لكن بعد أشهر قليلة من نهاية الحرب، ذهب فريق من علماء الوراثة الأميركيين إلى هيروشيما وناغازاكي وقارنوا بين DNA أطفال لآباء تعرضوا للإشعاع وأطفال آباء كانوا خارج اليابان ولم يتعرضوا للإشعاع. فوجدوا أن معدّل الطفرات متساوٍ بين المجموعتين.

كما أن الإنسان العاقل كنوع تعرض للإشعاع لسنوات عديدة، مثل الأشعة السينية وأشعة غاما، وغاز الرادون الذي يتسرّب من الغرافيت ويحتوي على نظائر مشعة. وهنالك دليل ضئيل على أن هذا التعرض قد زاد من معدل الطفرات في الإنسان.

2. العامل الثاني هو الاصطفاء الطبيعي الذي يتوقف على وجود الاختلافات بين الجماعات.

نحن كنوع بشري انتشرنا بصورة واسعة في أصقاع الأرض ونحن على درجة كبيرة من الاختلافات من مكان إلى آخر، نذكر مثالاً على ذلك لون الجلد فهو يختلف كثيراً باختلاف المناطق، وإنه متكيِّف للتلاؤم مع مقدار ضوء الشمس ومرتبط بالقدرة والحاجة لصنع فيتامين D.

لقد تمايزت كليّاً مورثة لون الجلد بين أفريقيا وأوروبا، إذ إن 100% تقريباً من الأفريقيين لهم نمط من الأليلات و100% من

الأوروبيين لهم نمط آخر. وهذه المورثة مسؤولة عن تفعيل إنتاج فيتامين D، وإذا تعرّض طفل لنقص في هذا الفيتامين أُصيب بمرض الكساح أو الخَرَع. ويمكن الوقاية من ذلك باتباع نظام غذائي غني بالفيتامين المذكور، أو بالتعرض لضوء الشمس. ولكن مدة التعرض الكافية للتأثير تختلف بشكل مدهش بين الأوروبيين والأفريقيين. فإذا أخذت طفلاً اسكندينافياً معتدل اللون وعرّضت وجهه فقط لضوء الشمس مدة ساعة واحدة، أمكنه صنع فيتامين D بالقدر اللازم لسلامته. ولكن إذا طبّقت الطريقة نفسها على طفل أفريقي أسود اللون، فلا يتمكّن من صنع المقدار الكافي من الفيتامين إلا بالتعرض مدة يوم كامل.

إنّ اللون «الفاتح» للجلد يأخذ في الرجحان كلما تحرّكنا بعيداً عن أفريقيا.

الاصطفاء الطبيعي يتوقف على الاختلافات، وكلما قلّت تناقص دوره.

الآن، لنأخذ بالاعتبار، معدّل عيش وموت الأطفال الإنكليز من عام 1600 إلى العام 2000. في أيّام شكسبير كانت نسبة الوفيات 66% قبل الوصول إلى سن 21. وفي أيام داروين أصبحت النسبة 50%، أما اليوم فقد تدنّت إلى 1%. وهذا إنجاز عظيم حقّقته الدول المتطورة. ولكنّه يعني من وجهة نظر التطور عدم وجود الاختلافات بين الأفراد من حيث نسبة الموت حتى مرحلة البلوغ، وبالتالي لا وجود للمادة الخام التي يحتاجها الاصطفاء الطبيعي.

الجانب الثاني في معادلة الاصطفاء الطبيعي هو إيجاد القرين للإنجاب والتكاثر. النساء، كما نعلم، محكومات بيولوجيا بعدد محدد من إنجاب الأطفال، لكنّ الرجال لهم القدرة على إنجاب عدد كبير منهم. وقد مارس الرجل(ولا يزال في بعض المناطق) الاقتران بعدة نساء وإنجاب عشرات الأطفال. وإذا ارتبط بالجينات (المورّثات) أيّ من الاختلافات، في نجاح التكاثر، بين هذا النمط من الر جال والنمط الذي ينجب عدداً قليلاً من الأطفال كان ذلك أيضاً، المادة الخام للاصطفاء الطبيعي.

لكنّ هذه الاختلافات تضاءلت كثيراً في الوقت الحاضر، فلا يوجد سوى اختلاف بسيط بين الناس من حيث إنجابهم لعدد الأطفال، دون التعرّض إلى جيناتهم.

ونحن نعلم أن الإنجاب في أوروبا تناقص بسبب تناقص عدد وفيات الأطفال. ولكنّ المسألة الأهم تكمن في اختلاف الولادات لا في معدّلها.

بين عامي 1880 و2000 نجد أن الاختلاف الكبير بين الأقاليم من حيث متوسّط عدد الأطفال المولودين من زوجين قد تلاشى تقريباً. وهكذا ينتفي الدليل على وجود أي شيء يتوقف عليه التطور.

3. العامل الثالث والأخير هو الانعزال، وهو الأساس في التشعّب وتطور النوع الواحد إلى عدة أنواع متمايزة. إن فنلندا هي نموذج مثالي لإيضاح أثر الانعزال. إذ يشاهد لدى الفنلنديين (33) نوعاً من الأمراض الوراثية المتنحّية والمتماثلة اللواقح (Homozygous) (تكون

المورثتان متماثلتين)، والتي لا نراها في مكان آخر. وكقاعدة عامة، تميل الجماعات المعزولة جغرافياً إلى الزواج الداخلي، فتظهر فيها مجموعة من الأمراض الوراثية الخاصة، بالإضافة إلى تكوين هويتها الخاصة، بشكل عام.

لكن في الوقت الحاضر، أصبح التنقل وحرية التحرّك متوافرين بسهولة وشائعين بين سائر الشعوب، ولا وجود لجزيرة معزولة من البشر، بل على العكس أصبح العالم كله قارة وراثية واحدة.

فالجماعات البشرية تختلط وتمتزج بمعدل غير عادي. في بريطانيا مثلاً، تؤلّف نسبة الزواج بين أعضاء مجموعات مختلفة عرقيّاً (2%). نحن إذن، نمتزج ضمن كتلة أرضية واحدة.

إن الذي يحدث فعلاً، وهو أكثر الآن مما كان في عام 1950، أنّ مورثاتنا تختلط وتأخذ في التوسُّط والاعتدال، وسيخضع الناس أكثر فأكثر إلى حالة التوسُّط الذي يعني نهاية التطور للإنسان. التطور إذن، فقد قوّته، كما يرى العالِم جونز.

عدد غير قليل من الفلاسفة الحديثين لهم الموقف نفسه، يفكرون أن الإنسان غيّر قواعد تطوّره إلى الأبد. فنحن خلافاً للأنواع الأخرى نستطيع التحكم في بيئتنا ونجعلها على الشكل الذي نريده، فلا يتحتم علينا بعد، التكيّف مع الظروف المتبدلة. اخترعنا المكيّفات لتتلاءم معنا، وصنعنا بيئة اجتماعية لم يعد ينطبق عليها مبدأ «بقاء الأنسب». كم أنت قوي وذكي لا يتطلّب منك أن تنمو وتنضج كي تنقل جيناتك إلى أولادك، لأن الاصطفاء الطبيعي فَقد تأثيره فينا. إنه يحدث في الطبيعة ونحن الآن خارجها.

دعا ذلك بعض المفكرين إلى التوقع بمصير مختلف للنوع البشري، هو التطور العكسي (Devolution) الذي يفرض علينا الاتجاه نحو نوع أقل تلاؤماً في المستقبل. لماذا؟

في الماضي البعيد نسبيّاً، إذا أُصيب المرء بخلل وراثي او وُلِد وهو مصاب بنوع من العاهات الحادّة، فلا يعيش طويلاً، وإذا عاش فلا ينجب الأولاد على الغالب. الاصطفاء يتكفّل بالقضاء على الصفات السيّئة والإبقاء على الحسنة. لكن التقدُّم الطبي المذهل ساعد المعوّقين على النمو والعيش بصورة طبيعيّة، فنقلوا جيناتهم وبالتالي صفاتهم، إلى أولادهم. لم يعد «الأنسب» فقط هو الذي يبقى. فهل تعمّ الاضطرابات الوراثية والعاهات الحادة أكثر فأكثر الجماعات البشرية؟

لحسن الحظ إنه لا يوجد أيّ دليل واضح على التطور العكسي للإنسان فلا تزال هذه الفكرة قيد التخمين والتأمُّل.

لكن أغلب العلماء والمفكرين ليسوا على هذه الدرجة من التشاؤم، إنهم يتوقعون مستقبلاً زاهياً أمام الإنسان، فنحن كنوع، أصبحنا أذكياء إلى الحد الذي يمكِّننا من التحكُّم في عالمنا كي نجعله مكاناً أفضل أيضاً، وبشائر ذلك تلوح في التطور الكبير الذي تحقّق بفضل تطبيق وسائل الهندسة الوراثية، في حقل النباتات والحيوانات.

لا يزال التطور يسري قويّاً، وفي كل يوم نتعلم المزيد عنه ونتوقّع الحياة المثلى منه.

إنّ التطور نفسه يتطوّر، وما أضيق العيش لولا فسحة الأمل.

مراجع الكتاب

المراجع الأجنبية

1. Adams, M. B. (1994). *The evolution of Theodosius Dobzhansky essays on his life and thought in Russia and America*. Princeton, N. J. Princeton University Press.
2. Curtis, H. (1983). *Biology* (4th ed.). New York, N. Y. Worth Publishers.
3. Darwin, C. (1872). *The origin of species by means of natural selection, or, The preservation of favoured races in the struggle for life* (6th ed.). London John Murray.
4. Davis, C. (1998). *Idle Theory of Evolution*. Idle Theory. Retrieved November 5, 2013, from http//www.idlex.freeserve.co.uk.
5. Dawkins, M. (2008, September 25). *Why Natural Selection is Not Random. For the Sake of Science*. Retrieved November 5, 2013, from http//forthesakeofscience.com/2008/10/25/why-natural-se lection-is-not-random/.
6. Dawkins, R. (1986). *The blind watchmaker*. New York Norton.
7. Dawkins, R. (2009). *The greatest show on Earth the evidence for evolution*. Free Press (US), Transworld (UK).

8. Dobzhansky, T. (1937). *Genetics and the origin of species*. New York Columbia Univ. Press.

9. Dobzhansky, T. (1955). *Evolution, genetics, and man*. New York Wiley.

10. Duret, L. (2008) *Neutral theory The null hypothesis of molecular evolution*. Nature Education 1(1).

11. Gardner, E. J. (1968). *Principles of genetics* (3 ed.). New York Wiley.

12. Gilbert SF. (2000). *Hox genes Descent with modification. In Developmental Biology*. 6th edition. Sunderland (MA) Sinauer Associates

13. Huxley, J. (1943). *Evolution the modern synthesis*. New York Harper & Brothers.

14. Lawson, K. (2004). *Darwin and Evolution for Kids His Life and Ideas with 21 Activities*. Chicago Chicago Review Press.

15. Marshall, C. R. (2006). *Explaining The Cambrian «Explosion» Of Animals. Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 34(1), 355 384 -.

16. Ridley, M. (1997). *Evolution*. New York Oxford University Press.

17. Solomon, E. P., & Berg, L. R. (2010). *Biology (9th ed., International ed.). Pacific Grove*, Calif. Brooks/Cole;.

18. *The Rational Understanding. (2008). Rational Understanding's Blog. Rational Understandings Blog*. Retrieved November 5, 2013, from http//therationalunderstanding. wordpress. com/2008/05/18/evolution-and-natural-selection-is-not-the-result-of-random-or-blind-chance/.

19. Theobald, D. (n. d.). *29+ Evidences for Macroevolution. The Scientific Case for Common Descent.* Retrieved November 5, 2013, from **http//www.talkorigins.org/faqs/comdesc/**.

20. Thompson, B., & Harrub, B. (n. d.). 15 *Answers to John Rennie and Scientific American›s Nonsense.* Apologetics Press. Retrieved November 5, 2013, from http//www. apologeticspress. org/apcontent.aspx?category=9&article=1046.

21. Watson, J. D. (1968). *The double helix*; a personal account of the discovery of the structure of DNA, (1st ed.). New York Atheneum.

22. Watson, J. D. (1987). Molecular biology of the gene (4th ed.). Menlo Park, Calif. Benjamin/Cummings.

المراجع العربية

1. **مقدمة ابن خلدون**، ابن خلدون.
2. **كتاب الحيوان**، الجاحظ.
3. **رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا**، مجموعة من المفكرين.
4. **علم الأحياء**، د. عادل حموي ودعاس ناصيف.
5. **هدم نظرية التطور بعشرين سؤالاً**، يحيى هارون.
6. **الرواقية فلسفة عالمية**، د. عبود عبود.

في كتابنا عن داروين نعرض سيرته والتحديات التي تعرض لها من مجتمعه ونبيّن آداب النهج العلمي ثم نشرح باستفاضة مفاهيم التطور من داروين إلى يومنا هذا. ولعل أبرز وصف يعبر عن الأزمات التي واجهت داروين قولنا:

«كان داروين متخوفاً من رد الفعل القاسي للمجتمع العلمي، فتجاهل كلياً موضوع الإنسان في كتابه «أصل الأنواع» وعلى الرغم من هذا الحذر فإن الجدل احتدم في المجلات والمقالات التي صدرت بعد طبع الكتاب. وفي عام ١٨٧١ نشر داروين كتابه «نسب الإنسان والاصطفاء بحسب الجنس» الذي تضمن نظرته حول تطور الإنسان ورأى أن الفروق بين عقل الإنسان وعقل الحيوانات الراقية هي في الدرجة لا في النوعية وإن كل الفروق بين القردة والبشر يمكن تفسيرها على ضوء مجموعة عوامل منها الضغوط الاصطفائية التي واجهها أجدادنا عند انتقالهم من الأشجار إلى السهول، ومنها الاصطفاء الجنسي.

لم يقصد داروين أبداً إحداث شرخ بين العلم والدين كان يحاول فقط وصف الطبيعة كما رآها. وكثيرون هم الآن الذين يؤمنون بأن تكون متديناً وتقبل الحقائق العلمية في الوقت نفسه يعتقدون أن الله خلق الحياة الأولى على الأرض وأن جميع القوانين المدهشة، بما في ذلك التطور، نتج عن ذلك. أن تقبل بفكرة التطور لا يعني أن تتخلى عن مشاعرك الدينية الخيّرة ومبادئك الروحية السامية.»

(المؤلف)

دعاس ناصيف - أستاذ علوم ومدير ثانويات عدة في حمص.
من مواليد مقلس - محافظة حمص عام ١٩٣٢.
- تلقى تعليمه الابتدائي والمتوسط في حماة والثانوي في اللاذقية ثم التحق بكلية الطب جامعة دمشق، لكنه سرعان ما تركها نادراً نفسه للتعليم كمهنة ورسالة.
- حائز على إجازة في العلوم الطبيعية ودبلوم في التربية. ساهم في وضع مناهج وتأليف كتب العلوم في المرحلة الثانوية وألّف كتاب الوراثة والتطور لدور المعلمين.


ISBN 978-614-432-405-9